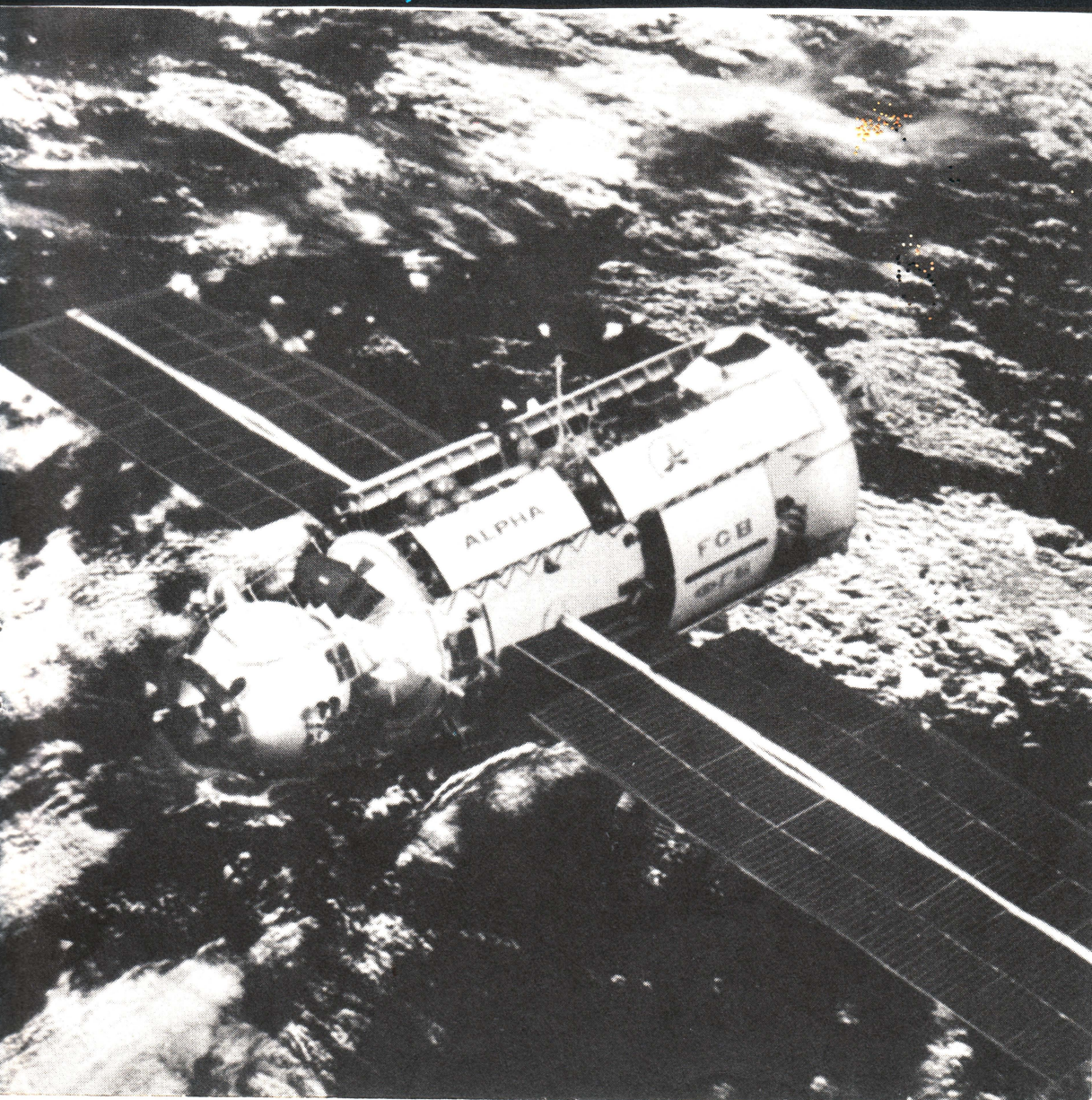


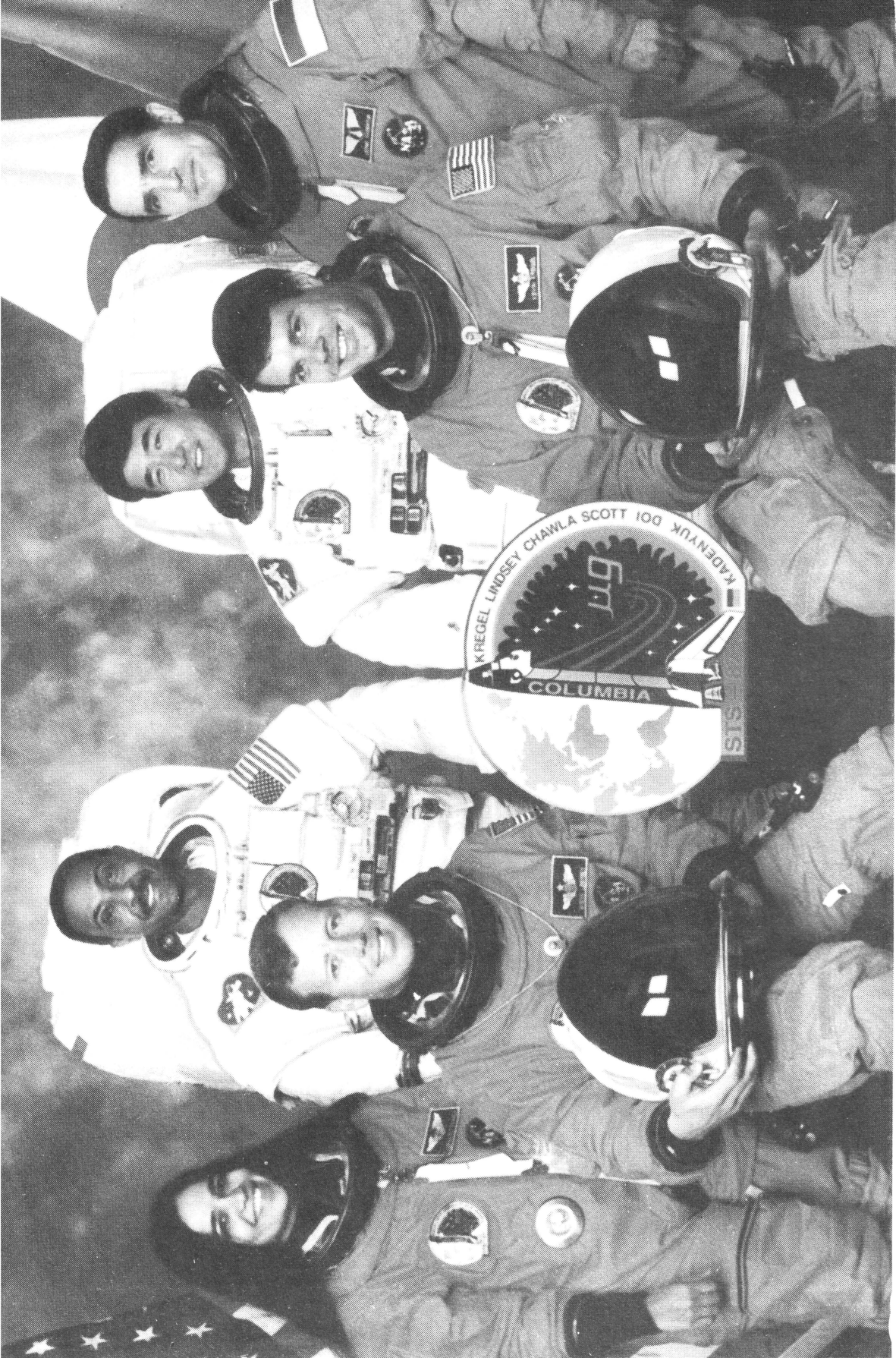
ISSN 0044-3948

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

КОСМОНАВТИКА
АСТРОНОМИЯ
ГЕОФИЗИКА

МАЙ – ИЮНЬ 3/98

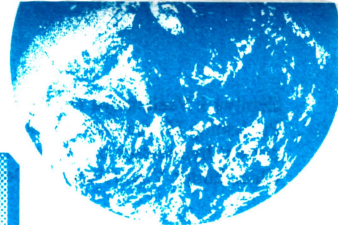




Научно-популярный журнал
Российской академии наук
и Астрономо-геодезического
общества
Издается с января 1965 года
Академиздатцентр "Наука"
Москва

Земля и Вселенная

3/98



Новости науки и другая информация:

Звезды угрожают Земле [12]; Рекордный Эль-Ниньо [27]; Новые книги [58, 94]; Планета есть! Открытие подтверждено [67]; Солнце в декабре 1997 г. – январе 1998 г. [68]; Наблюдения сверхэнергичных гамма-квантов [71]; Новое со съезда астрономов [72]; Цикличность в солнечных нейтрино [73]; Биосфера – в недрах Земли [84]; Вулкан "проснулся" через 70 лет [85]; "Ураганы" в недрах Земли [89]

В номере:

- 3 БАХТИГАРАЕВ Н.С. Геостационарные спутники и их наблюдения
13 ЛЕВИТИН А.Е., ФЕЛЬДШТЕЙН Я.И. Живопись Космоса – полярные сияния

ЭКОЛОГИЯ

- 20 БОНДАРЕВ Л.Г. Дожди из... серной кислоты

ЛЮДИ НАУКИ

- 28 ОСИПОВ А.К., ХМИЛЬ С.В. Александр Федорович Богородский (к 90-летию со дня рождения)

ИСТОРИЯ НАУКИ

- 31 ЖИТОМИРСКИЙ С.В. Древность небесных кругов

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

- 37 КОНДОРСКАЯ Н.В. Сейсмологи мира – в Салониках

ОБСЕРВАТОРИИ И ИНСТИТУТЫ

- 41 АЛЕКСЕЕВ Е.Н. Баксанская нейтринная обсерватория

ИЗ НОВОСТЕЙ ЗАРУБЕЖНОЙ КОСМОНАВТИКИ

- 47 ГЕРАСЮТИН С.А. I. Полеты автоматических межпланетных станций. II. Программа "Спейс Шаттл": хроника полетов

ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

- 59 ГЕНКИН И.Л. Вселенная как лист Мёбиуса?

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 64 Небесный календарь: июль-август 1998 г.

- 69 ПОРОШИН А.П. Наблюдения полного лунного затмения

АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

- 74 ГАВРИЛОВ М.Г. II Международная астрономическая олимпиада

ХРОНИКА СЕЙСМИЧНОСТИ ЗЕМЛИ

- 81 ЧЕПКУНАС Л.С., СТАРОВОЙТ О.Е. Сентябрь 1997 г. – январь 1998 г.

ПОГОДА ЗЕМЛИ

- 86 Буйства стихии (хроника опасных явлений погоды на территории России в 1997 г. и в начале 1998 г.)

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

- 90 КАЗЮТИНСКИЙ В.В. Сценарии нашего космического будущего

- 95 Указатель статей, опубликованных в журнале "Земля и Вселенная" в разделе "Астрономическое образование" в 1965-97 гг.



© Академиздатцентр "Наука"
Российская академия наук
Журнал "Земля и Вселенная", № 3, 1998 г.

Zemlya i Vselennaya (Earth and Universe); Moscow, Maronovsky per., 26, f. 1965, 6 a year; by the Nauka (Science) Publishing House; Joint edition of the Russian Academy of Sciences and the Society of Astronomy and Geodesy; popular; current hypotheses of the origin and development of the Earth and Universe; astronomy, geophysics and space research; Chief Editor V.K. Abalakin; Deputies Editors V.M. Kotlyakov, E.P. Levitan

In this issue:

На стр. 1 обложки: Орбитальный полет Функционально-грузового блока (ФГБ) – первого элемента Международной космической станции, запущенного 30 июня 1998 г. с космодрома Байконур. ФГБ разработан корпорацией “Boeing” (США) и ГКНПЦ им. М.В. Хруничева (Россия), обеспечивает управление, связь и энергоснабжение на начальном этапе сборки станции (рисунок)

На стр. 2 обложки: Экипаж корабля “Колумбия” (STS-87, 19 ноября–5 декабря 1997 г.). Слева направо: К. Чаула, С. Линдси, В. Скотт, Т. Дои (Япония), К. Крейгел и Л.К. Каденюк (Украина). Фото NASA (к ст. С.А. Герасютина)

На стр. 3 обложки: Мозаика снимков участка поверхности Европы (35,4° с.ш. и 86,8° з.д.; 66 × 55 км; разрешение до 68 м). Уступы и гряды молодых ледяных образований пересекают узкие грабены (параллельные борозды) шириной до 1 км. Съемка выполнена АМС “Галилей” (США) 6 ноября 1997 г. при пролете около Европы на расстоянии 2042 км. Фото NASA (к ст. С.А. Герасютина)

На стр. 4 обложки: Предполагаемый парашютный спуск посадочного аппарата “Гюйгенс” в атмосфере Титана. Рисунок ESA (к ст. С.А. Герасютина)

3 BACHTIGARAEV N.S. Stationary satellites and their observations

13 LEVITIN A.E., FELDSHTEIN Ya.I. The art of space: auroras

ECOLOGY

20 BONDAREV L.G. The rains of sulfuric acid

PEOPLE OF SCIENCE

28 OSIPOV A.K., KHMIL S.V. Alexandr Fiodorovitch Bogorodsky (90 years of birthday)

HISTORY OF SCIENCE

31 ZHITOMIRSKY S.V. The ancient celestial circles

SYMPOSIUM, CONFERENCES, CONGRESSES

37 KONDORSKAIA N.V. Seismologists of the world in Saloniki OBSERVATORIES, INSTITUTIONS

41 ALEXEEV E.N. Baksan neutrino observatory

NEWS OF THE FOREIGN ASTRONAUTICS

47 GERASIUTIN S.A. I. The flights of automatic interplanetary stations. II. Program “Space Shuttle”. The chronicle of flights

HYPOTHESES, DISCUSSION, SUGGESTIONS

59 GENKIN I.L. Universe as the sheet of Miobius

AMATEUR ASTRONOMY

64 Sky calendar: July – August 1998

69 POROSHIN A.P. Observations of complete Moon’s eclipse

ASTRONOMICAL EDUCATION

74 GAVRILOV M.G. II International astronomical olympiad

CHRONICLE OF SEISMICITY OF EARTH

81 TCHEPKUNAS L.S., STAROVOIT O.E. September 1997 – January 1998

THE WEATHER OF THE EARTH

86 Phenomena of Nature’s range

(Chronicle of dangers weather phenomena on the area of Russia in the 1997 and begin 1998)

THE BOOKS ABOUT THE EARTH AND THE SKY

90 KAZIUTINSKY V.V. The gusts of the our space future

95 Index of articles published in the section

“Astronomical education” in 1965-97

Редакционная коллегия:

Главный редактор член-корреспондент РАН В.К. АБАЛАКИН

Зам. главного редактора академик В.М. КОТЛЯКОВ

Зам. главного редактора доктор педагогических наук Е.П. ЛЕВИТАН

доктор географ. наук А.А. АКСЕНОВ, академик А.А. БОЯРЧУК,

доктор психол. наук Ю.Н. ГЛАЗКОВ, доктор физ.-мат. наук А.А. ГУРШТЕЙН,

доктор физ.-мат. наук И.А. КЛИМИШИН, доктор физ.-мат. наук Л.И. МАТВЕЕНКО,

доктор физ.-мат. наук И.Н. МИНИН, член-корр. РАН А.В. НИКОЛАЕВ,

доктор физ.-мат. наук Г.Н. ПЕТРОВА, доктор геол.-мин. наук Г.И. РЕЙСНЕР,

доктор физ.-мат. наук Ю.А. РЯБОВ, академик В.В. СОБОЛЕВ, Н.Н. СПАССКИЙ,

доктор физ.-мат. наук Ю.А. СУРКОВ, доктор техн. наук Г.М. ТАМКОВИЧ,

доктор физ.-мат. наук Г.М. ТОВМАСЯН, академик АН Молдовы А.Д. УРСУЛ,

член-корр. РАН А.М. ЧЕРЕПАЩУК, доктор физ.-мат. наук В.В. ШЕВЧЕНКО

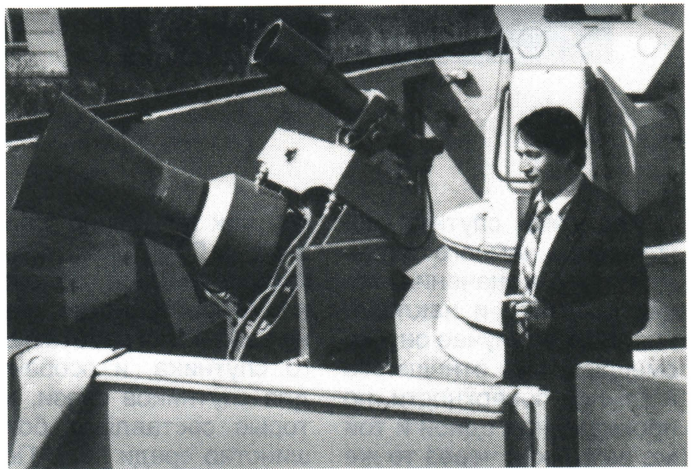
Геостационарные спутники и их наблюдения

Н.С. БАХТИГАРАЕВ

кандидат физико-математических наук

Звенигородская обсерватория Института астрономии РАН

Среди астрономов есть и такие, для которых ИСЗ – не более, чем светящаяся точка на небе. Это астрометристы. Их задача – сфотографировать спутник и определить его точные координаты. Часто заранее неизвестно, с каким именно спутником приходится работать, и тогда нужно проникнуть в соседнюю область – небесную механику, и вычислить орбиту спутника. Работа астрометристов – первый шаг в решении многих научных и прикладных задач, где уже получены важные и интересные



результаты. Об этих результатах часто пишут, а вот о трудной и незамет-

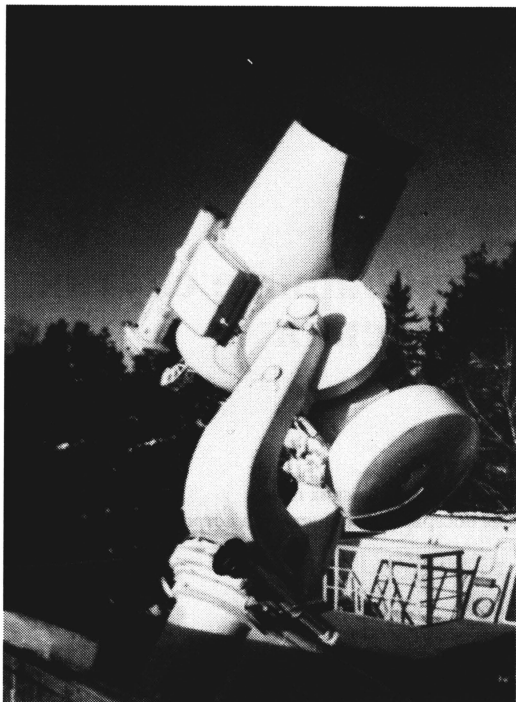
ной работе астрометристов-наблюдателей мало кто знает.

СПУТНИКОВАЯ КАМЕРА
ЗВЕНИГОРОДСКОЙ
ОБСЕРВАТОРИИ

Геостационарная орбита (ГСО) – уникальное место околоземного космического пространства. Это окружность радиусом около 42164 км (высота

над экватором 35786 км), расположенная в плоскости экватора (эксцентриситет и наклонение равны нулю). Спутник, запущенный на такую орбиту, совершает один оборот вокруг Земли за звездные сутки ($P = 23^h 56^m$), как и находящаяся под

ним точка земного экватора, и потому он неподвижно висит прямо над ней. Такой спутник называют **геостационарным спутником (ГСС)**. Но это тот самый идеальный случай, который почти никогда не осуществляется на практике.



Высокоточная астрономическая установка (камера ВАУ) Звенигородской обсерватории Института астрономии РАН

Реальный спутник может иметь немного отличные от нуля значения эксцентриситета и наклона. В этом случае он уже смещается по отношению к земной поверхности, но проходит над одной и той же ее точкой через те же звездные сутки. Но его период может и не совпадать точно со звездными сутками — тогда у него будет дрейф по долготе вдоль экватора. И эти отличия орбиты от идеальной вовсе не обязательно возникают из-за неточностей работы техники при выведении на орбиту. Отличия Земли от идеальной сферы с равномерным распределением масс вдоль радиуса и возмущения от Солнца и Луны приводят к тому, что

спутник постоянно “сползает” с ГСО. Между тем, фиксированное положение в пространстве крайне важно для работающего спутника, и особенно для спутников связи, которые составляют большинство среди ГСС. Поэтому положение спутника на орбите приходится периодически корректировать.

После прекращения активного срока существования спутник остается на ГСО или вблизи нее и начинает свободно двигаться по законам небесной механики. Из-за эллиптичности земного экватора и соизмеримости периодов вращения Земли и обращения спутника по орбите возникают **резонансные возмущения.**

Последние приводят к долготному дрейфу спутника или к его маятниковому движению относительно двух точек либрации (с долготами 75°E и 255°E), которые находятся на продолжениях малой оси экваториального эллипса. Притяжение Луны и Солнца, а также влияние сжатия Земли вызывают существенные изменения в ориентации плоскости орбиты относительно земного экватора. Наклонение орбиты ГСС изменяется в пределах $0^\circ < i < 15^\circ$, а долгота узла Ω — в пределах $\pm 180^\circ$ с периодом около 54 лет. Спутник перестает быть неподвижным относительно наблюдателя на Земле, и скорость его видимого движения может достигать 10 м/с.

Позиционные наблюдения геостационарных спутников в отличие от наблюдений обычных небесных тел (звезды, малые планеты, кометы) имеют свои особенности. Затрудняет наблюдения ГСС и их слабая яркость (от 11^m до 17^m). Когда перед астрономией встала задача массовых наблюдений этих объектов, наиболее подходящим инструментом для позиционных наблюдений ГСС оказалась камера ВАУ (Земля и Вселенная, 1972, № 6).

Высокоточная астрономическая установка

(ВАУ) – уникальный прибор, разработанный специально для наблюдений искусственных небесных тел. Это крупнейшая в мире следящая спутниковая камера. ВАУ имеет зеркально-линзовый бездисторсионный объектив “Астродар”, рассчитанный Д.Д. Максutowым и М.А. Сосниной. Диаметр действующего отверстия объектива 50 см, фокусное расстояние 70 см, диаметр основного зеркала 107 см, поле зрения $5^\circ \times 30^\circ$, размер кадра 363×61 мм, диаметр кружка рассеяния по всему полю не превышает 0,03 мм. Фотографирование производится на фотопленку шириной 70 мм, которая натягивается на стол, имеющий форму части сферы с радиусом 70 см, совпадающей с фокальной поверхностью. Хорошо спроектированный и изготовленный объектив позволяет получать изображения звезд и объектов на всем кадре практически без искажений – важная особенность камеры. При этом реальной проекции небесной сферы на плоский негатив ВАУ с высокой точностью соответствует равнопромежуточная цилиндрическая проекция.

Камера ВАУ имеет обтюраторный и створчатый затворы. Обтюраторный затвор, состоящий из двух узких ламелей, позволяет регистрировать



время экспозиции с точностью до 0,0001 с. Парадоксальная особенность конструкции – стол с пленкой находится внутри этого затвора. **Створчатый затвор** расположен впереди кассетной части камеры. Наши исследования показали, что точность срабатывания затвора составляет менее 0,0045 с, что позволило использовать его после некоторой модернизации для фотографирования геостационарных ИСЗ.

Камера установлена на трехосной параллактической монтировке. Поворотом вокруг полярной оси и оси склонений третья (орбитальная) ось направляется в полюс орбиты спутника. Вокруг этой третьей оси поворачивается сама камера, позволяя отслеживать небесные тела при скоростях от 0 до $6000''/\text{с}$. Ясно, что возможности камеры намного шире, чем нужно для наблюдений ГСС. Для них применяется один из четырех режимов

ее работы, предназначенный для наблюдений слабых объектов с малой видимой скоростью относительно звезд. Обтюратор при этом не задействован. Камера отслеживает объект. Так как скорость его относительно звезд мала, на негативе получаются изображения слабых звезд в виде коротких непрерывных штрихов. В условиях Звенигородской обсерватории на снимках ВАУ получаются звезды до 17^m при экспозиции 10 мин.

При фотографировании ГСС камера наводится в нужную область неба. Экспозиция начинается с момента открытия створчатого затвора. Чтобы отличить изображение спутника от случайных дефектов фотоэмульсии, на один кадр делается две экспозиции со смещением камеры между экспозициями по оси склонений на несколько минут дуги. В итоге на снимке получаются два изображения ГСС, разнесенные на величину сдвига камеры. Следы звезд также

получаются двойными. Для увеличения точности измерений и ускорения работы по измерению снимка в середине каждой экспозиции затвор закрывается на 2 с, затем делается односекундная экспозиция и снова на 2 с затвор закрывается. При этом на следах звезд получают разрывы с хорошо измеряемым коротким штрихом внутри. Установочные данные камеры определяются так, чтобы следы звезд на негативе были параллельны длинной стороне кадра.

Впоследствии в конструкцию камеры был внесен ряд усовершенствований. Прежде всего, изготовлен прибор для автоматического управления створчатым затвором, команды на его срабатывание поступают от службы единого времени (СЕВ) камеры, привязанной к сигналам точного времени с точностью 0,0001 с. Это значительно облегчило и упростило как проведение наблюдений, так и последующую обработку снимков. Отметим также установку телевизионного визира. Он был разработан на основе одного из трех оптических визиров ВАУ с сохранением на месте его объектива ($D = 20$ см, $F = 171$ см, коэффициент пропускания объектива — 0,82, угловое разрешение в центре — 0,8').

Полученные снимки просматриваются под бинокулярным микроскопом, размечаются изображения спутников и опорных звезд. Далее не-

гативы измеряются на координатно-измерительных машинах "Аскоркорд". Результаты измерений автоматически записываются на жесткий диск компьютера. Программный комплекс **астрометрической редукции** негативов отождествляет измеренные опорные звезды в звездном каталоге, проводит вычисления координат спутников и записывает результаты обработки в два файла для последующего вычисления орбит и передачи в центр контроля космического пространства. На дисплей выводится картина распределения опорных звезд и объектов, номера звезд и невязки их координат. Оператор имеет возможность исключить ту или иную звезду или группу звезд из предварительной обработки, записать результаты обработки на диск или отменить запись. Далее включается программа сортировки, разработанная для облегчения выбора из всей массы обработанных результатов координат нужного объекта. Результаты, полученные в данную ночь, сортируются по часовому углу, вычисляются скорости движения ИСЗ. Оператор видит на экране перемещение ИСЗ по часовому углу и склонению. Последующая обработка ведется с помощью программ вычисления предварительных элементов орбит, дифференциального улучшения орбит и эфемеридных программ.

В настоящее время есть возможность авто-

номно, без какой бы то ни было предварительной информации обнаруживать геостационарные ИСЗ в поисковом режиме, идентифицировать обнаруженные объекты с использованием различных каталогов, проводить улучшение элементов орбит наблюдаемых объектов, вычислять эфемериды для Звенигородской обсерватории и других пунктов.

Точность определения угловых координат небесных объектов оценивалась различными способами. Самый простой — сравнение вычисленных по снимкам ВАУ сферических координат контрольных звезд с их каталожными значениями. Среднеквадратические ошибки определения положений контрольных звезд при этом получились в пределах 0,6"—1,0" при выборе опорных звезд не далее 2° от контрольных звезд. Однако этот результат верен только для тех ГСС, которые оставляют на негативах хорошо измеряемые изображения. У спутников с заметным видимым перемещением (около 10"/мин.) ошибка возрастает до 1,2"; ошибка координат более "быстрых" (с большим наклоном орбиты, достигающим 16°) и менее ярких ИСЗ может достигать 2"—3"; в единичных случаях возможны ошибки до 10" для резко меняющих свой блеск ГСС с большими наклонениями орбит.

Оценка точности наблюдений сделана и по невязкам вычисленной

орбиты. Исследования показали, что величины среднеквадратических погрешностей одного наблюдения ГСС лежат в пределах $0,7''$ – $2,0''$.

ОБЗОРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ГЕОСТАЦИОНАРНЫХ СПУТНИКОВ

Развитие лазерной дальномерной техники и радиотехнических средств контроля космического пространства привели к почти полному прекращению оптических позиционных наблюдений низкоорбитальных ИСЗ. Актуальными остались только наблюдения высокоорбитальных объектов с большой полуосью орбиты более 20000 км и геостационарных спутников. К примеру, контроль космического пространства на таких орбитах в США ведется в основном оптико-электронными приемниками на телескопах Шмидта. Самыми перспективными остаются позиционные наблюдения для научных целей с помощью ПЗС-матриц. Реальная точность определения угловых координат в этом методе достигает $0,2$ – $0,3''$. Но сложность изготовления ПЗС-матриц с достаточно большим количеством элементов и отсутствие астрометрического каталога слабых звезд пока мешают массовым высокоточным позиционным наблюдениям с их помощью.

Фотографические наблюдения, хотя и не дают возможности полностью автоматизировать процесс получения координат

объектов и работать в реальном масштабе времени, в настоящее время могут еще не только конкурировать с другими средствами наблюдений, но являются незаменимыми при **обзорных наблюдениях**. Спутниковая камера ВАУ позволяет несколько раз за ночь сфотографировать всю видимую с пункта наблюдений зону нахождения геостационарных объектов и определить до тысячи положений более ста различных ГСС с точностью в $1''$ – $3''$. Чтобы получить такой объем информации на других телескопах, понадобилась бы не одна неделя наблюдательного времени.

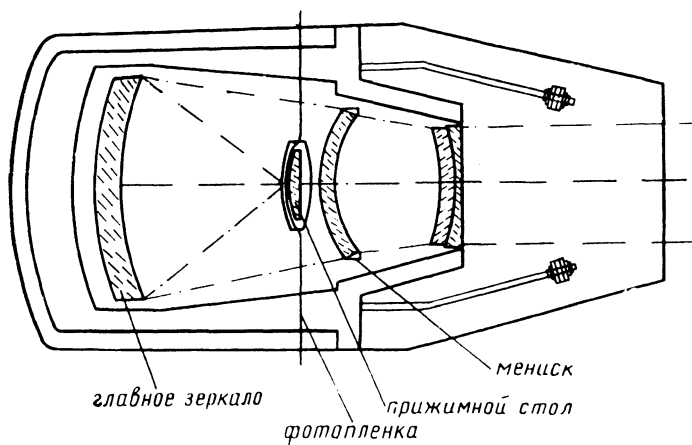
Для обзорных наблюдений важно, что изображения объектов по всему полю зрения ВАУ получаются практически без искажений, поэтому точность определения координат на любом участке кадра почти не отличается от точности в его центральной части. Большая светосила обеспечивает получение изображений неподвижных геостационарных спутников до 15^m даже за минутную выдержку. Дальнейшее увеличение ее продолжительности в большинстве случаев бесполезно, поскольку засветка негатива фоном неба резко увеличивается.

Из Звенигорода доступны наблюдениям геостационарные спутники с "точками стояния" от 5° з.д. до 80° в.д. (при хорошей прозрачности атмосферы зону наблюдений можно увеличить на 10° в

обе стороны). Обзорные наблюдения на камере ВАУ Звенигородской обсерватории делаются с перекрытием в $2,5^\circ$ по часовому углу и в 1° по склонению между снимками. Доступную для наблюдений геостационарную зону можно сфотографировать 20 кадрами в течение 30 мин. Наблюдения всей зоны повторяются три или четыре раза с интервалом около одного часа между сеансами.

Методика обзорных наблюдений должна обеспечить получение точных положений максимально большого количества ИСЗ за сеанс наблюдений. Яркость ГСС невелика – от 11^m до 17^m . Их видимое движение уменьшает эффективную экспозицию, которая при скорости спутника $10^\circ/\text{с}$ будет меньше одной секунды. Поэтому около половины находящихся в зоне видимости нашей обсерватории ГСС (особенно неуправляемые спутники с большими наклонениями орбит) не всегда оставляют измеримые изображения на негативах.

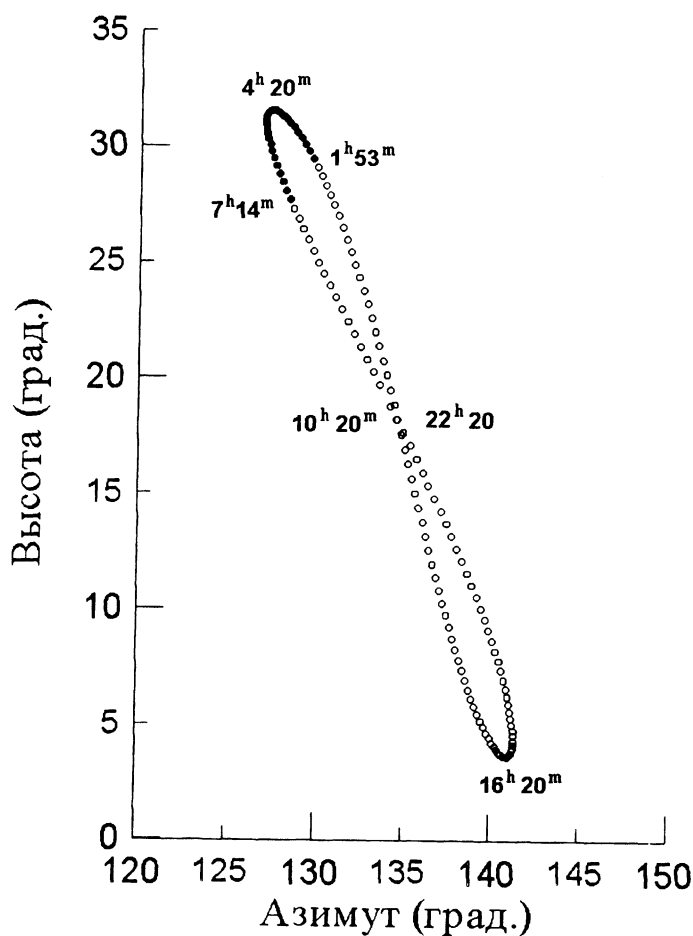
Чтобы сделать такие потери минимальными, ГСС наблюдаются вблизи наибольшей фазы. Спутники с большими наклонениями орбит ($6^\circ < i < 18^\circ$) наблюдаются вблизи их верхней кульминации (вблизи нижней они плохо видны из-за близости к горизонту) во время максимальной фазы, где их видимая скорость минимальна, а яркость максимальна. Применение этой методики на Звенигород-



Оптическая схема объектива "Астродар" камеры высокоточной астрономической установки (ВАУ)

ской обсерватории позволило наблюдать все геостационарные спутники, имеющиеся в каталогах Служб контроля космического пространства, и многие другие объекты.

Результаты фотографических наблюдений ГСС требуют тщательного анализа. Трудности возникают уже при **отождествлении** – выделении определенного спутника среди многочисленных изображений ГСС, полученных на снимках, как в течение одной ночи, так и в разные даты. Это объясняется большой заселенностью геостационарной орбиты и схожестью элементов орбит ГСС. Всего из Звенигорода одновременно можно наблюдать более 100 ГСС. На некоторых снимках ВАУ количество получаемых изображений различных геостационарных объектов достигает



Суточная трасса геостационарного спутника с наклонением орбиты $i = 14^\circ,6$ и эксцентриситетом $e = 0,0023$, построенная по его вычисленным эфемеридам. Орбита спутника определена по результатам наблюдений за 12, 13 и 14 января 1996 г. Положение спутника на графике даются через каждые 20 минут. Угловая скорость этого ГСС при прохождении через экватор составляет $10''/с$, из-за этого он получался на снимках только вблизи верхней кульминации, где его скорость минимальна (выделено на рисунке черным цветом)

40. Случается, что изображения ГСС даже накладываются друг на друга, и это – при диаметре изображений спутников, равном 6~10". Ситуация осложняется тем, что ГСС попадают в тень Земли и могут находиться там до 72 мин. После выхода из тени, спутник может поменять не только скорость, но и направление видимого движения.

Процесс распределения полученных изображений по объектам начинается при просмотре негативов. Обнаруженные изображения ИСЗ отмечаются, им присваиваются условные порядковые номера. Для нахождения тех же объектов на смежных снимках наблюдатель учитывает направление, скорость смещения и яркость их изображений. Часто это оказывается недостаточным, поэтому окончательное отождествление делается при вычислении предварительных элементов орбит ГСС.

Программа для этого разработана в Институте теоретической астрономии РАН на основе аналитической теории движения геостационарных ИСЗ, учитывающей главные возмущающие факторы гравитационного происхождения, несферичность Земли, притяжение Луны и Солнца. В большинстве случаев для отождествления наблюдений ГСС, выполненных в течение месяца, бывает достаточно анализа долготы его подспутниковой точки, наклона орбиты и долготы узла.

В качестве примера опишем результаты одного се-

анса наблюдений. Была поставлена задача проверить всю доступную из Звенигородской обсерватории геостационарную зону и определить координаты максимально возможного числа геостационарных объектов. Наблюдения начались 20 сентября, но из-за плохих погодных условий были закончены только 10 ноября 1993 г. На каждом снимке делались две экспозиции по 37 с или по 69 с каждая. При поиске объектов снимки просматривались на бинокулярных микроскопах при восьми-кратном увеличении. Опорные звезды (от 6 до 12) выбирались на расстоянии примерно 1° от измеряемых объектов. Измерения снимков осуществлялись на модифицированных координатно-измерительных машинах "Аскорекорд 3-ДП" производства фирмы "K. Zeiss Jena". Астрометрическая редукция проводилась методом Тэрнера с шестью постоянными с использованием последних версий звездного каталога RPM.

По вычисленным элементам орбит наши объекты идентифицированы с геостационарными из **каталогов орбит**, выпускаемых Европейским космическим агентством 1–2 раза в год. Для облегчения этой работы была составлена несложная программа для персонального компьютера, которая вычисляет долготы подспутниковых точек ГСС из каталога ЕКА на дату наших наблюдений и делает выборки спутников, находившихся в зоне наблюдений. Далее сравнивались долготы подспут-

никовых точек, долготы узлов и наклона орбит. Для большинства идентифицированных ГСС долготы узлов и наклона орбит совпали с точностью до 0,05°.

В ходе этого сеанса наблюдений в диапазоне долгот от 15°W до 88°E было обнаружено 153 геостационарных объекта, измерены их сферические координаты (примерно 1000 положений), определено 265 предварительных орбит. 117 объектов идентифицированы с объектами из каталога орбит ГСС.

Такие обзорные наблюдения позволяют:

- делать оценки полноты и точности доступной информации об объектах на ГСО;

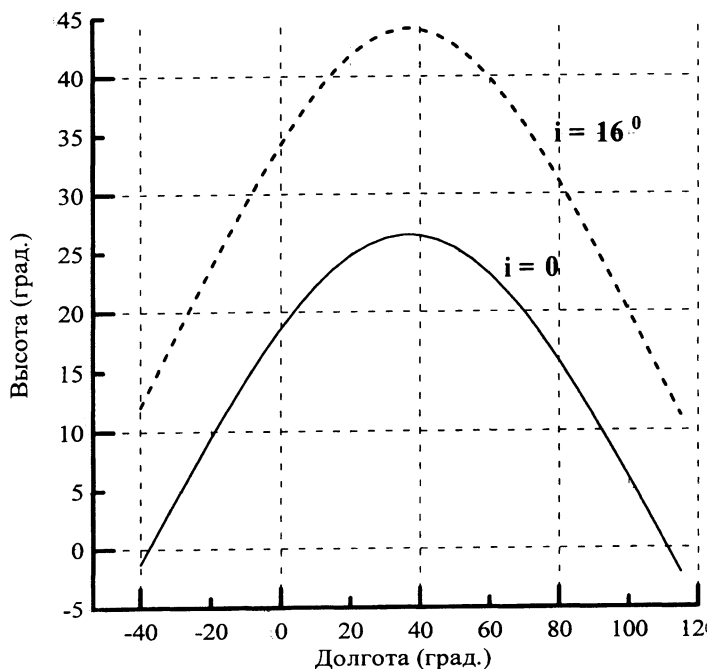
- обнаруживать в режиме поиска новые или "утерянные" геостационарные объекты размером более 1 м;

- получать координатную информацию о всех находящихся в зоне наблюдений активных спутниках и большинстве попавших в зону наблюдений пассивных объектах;

- проводить улучшение элементов орбит ГСС и осуществлять прогноз их движения с выдачей эфемерид на несколько месяцев вперед с точностью 1'–2'.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЗИЦИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Анализируя первые наблюдения ГСС, начавшиеся в 1976 г., исследователи пришли к выводу, что они очень ценны для исследования гравитационного поля Земли. Ана-



Условия видимости геостационарных спутников в Звенигороде в зависимости от географической долготы их подспутниковой точки. Наблюдениям на ВАУ доступны спутники, расположенные на высотах около 15° над горизонтом. ГСС на стационарной орбите можно видеть, если они расположены в диапазоне долгот от 10°W до 85°E . ГСС с наклоном орбиты $i = 16^\circ$ можно наблюдать на долготах от 35°W до 110°E

лиз возмущений их орбит дает хорошую возможность контроля низких гармоник геопотенциала. Результаты наблюдений используются при создании теорий движения ИСЗ и для составления каталогов орбит.

Предложено и реализуется несколько международных и всесоюзных научных программ наблюдений геостационарных спутников. Для выполнения программ необходимо выбирать подходящие объекты наблюдений и создавать эфемеридное обеспечение для долговременного слежения за отобранными объектами. Каталоги Служб контроля космического пространства как США так и России не соответствуют этим требованиям, так как не доступны для широкого использования и не отличаются полнотой

(отсутствуют многие наблюдаемые объекты). Но главное, что точность орбит в этих каталогах недостаточна. Поэтому стала особо актуальной проблема составления точных каталогов объектов на геостационарной орбите.

Мы не ставили задачу составления полного каталога наблюдаемых объектов на геостационарной орбите. Наша цель состояла в выборе некорректируемых объектов для наблюдательных программ (именно такие нужны для разработки теорий движения ИСЗ) и накопления наблюдательных данных по избранным объектам (топоцентрические экваториальные координаты объектов с соответствующими моментами времени и результаты вычислений орбит).

Приведем пример выполнения такой работы.

На Звенигородской обсерватории ИНАСАН 26, 27 и 28 октября 1986 г. при помощи камеры ВАУ были проведены обзорные наблюдения геостационарной орбиты. Наблюдениями была охвачена зона от 13° з.д. до 82° в.д. подспутниковых точек. На снимках получились изображения 70 объектов с яркостью до 15^m . Вычисление орбит произведено по программе дифференциального улучшения элементов орбит, разработанной в ИТА РАН. При вычислениях учитывались гравитационные возмущения от Земли, Луны и Солнца с периодом менее 1000 суток и с амплитудой более 10 м. Полученный в этом сеансе каталог содержит средние элементы орбит 61 ГСС, долготы подспутниковых точек, дрейф, количество использованных при вычислениях положений и их среднеквадратические отклонения. Интересно отметить, что у некоторых спутников обнаружены резкие изменения долготы узла и наклона орбиты, что говорит о проведенной

коррекции орбит этих ГСС в период наблюдений.

Внутренние точности определения элементов орбит, усредненные по всем объектам, получились следующими: аргумента перигея – $\pm 1,0^\circ$, долготы узла – $\pm 0^\circ,0007$, наклонения – $\pm 0^\circ,0006$, эксцентриситета – $\pm 0,00002$.

Итак, по обзорным фотографическим позиционным наблюдениям ГСО на камере ВАУ можно вести службу неуправляемых объектов, поскольку особой оперативности наблюдений здесь не требуется. Для поддержания каталога орбит пассивных геостационарных объектов достаточно наблюдать их 1-2 раза в год.

Проведение наблюдений ГСС на больших астрофизических телескопах для решения как фундаментальных научных проблем, так и научно-прикладных задач требует качественно нового эфемеридного обеспечения, так как здесь поля зрения в сотни и тысячи раз меньше, чем у фотографических спутниковых камер. Необходимо уметь прогнозировать элементы орбит ГСС на 100-400 сут. с точностью $0,1^\circ$. Такая методика была разработана в ИТА. По нашим фотографическим наблюдениям на интервалах времени порядка месяца определяются средние элементы орбит, которые затем прогнозируются на 100-200 сут с использованием теории эволюции орбит, учитывающей резонансные возмущения от геопотенциала,

его несферичность, долгопериодические лунно-солнечные возмущения, эффекты прецессии и нутации. Специально проведенные исследования с контролем вычислений по наблюдениям через длительные сроки показали, что эта задача успешно решена.

Когда прогноз орбиты ГСС необходим на 1-4 месяца, можно работать по упрощенной программе. Проводятся наблюдения интересующих ГСС в течение 2-3 ночей. Определяются средние элементы орбит. При необходимости их можно уточнить по наблюдениям в более поздние даты. Для этого используется программный комплекс, созданный В.В. Чазовым на основе высокоточной аналитической теории движения ИСЗ. Точность орбит, полученных по наблюдениям за 2-3 ночи на Звенигородской камере ВАУ, оказалась достаточной, чтобы по эфемеридам, вычисленным по этим орбитам, успешно пронаблюдать несколько пассивных ГСС через 2-4 месяца на 1-м телескопе в Симеизе, имеющем поле зрения $4'$.

“КОСМИЧЕСКИЙ МУСОР” НА ГЕОСТАЦИОНАРНОЙ ОРБИТЕ

В последние годы многие страны и международные организации, занимающиеся освоением и использованием космического пространства, переносят акцент своих усилий на использование геостационарной области космоса. Первый спутник

был выведен на ГСО в 1963 г., в 1970 г. на ней находилось только 7,5% всех спутников. В 1993 г. на ней находилось 42% всех действующих космических аппаратов, а к 2000 г. их доля составит 70-75%. Однако самоочищения геостационарной орбиты, подобно механизму очищения низких орбит вследствие торможения спутников в верхних слоях атмосферы и сгорания, не происходит. Поэтому все запускаемые на эту орбиту объекты и после прекращения их функционирования остаются на квазистационарной орбите навсегда, пополняя **“космический мусор”** (Земля и Вселенная, 1993, № 6). В 1996 г. на геостационарной орбите, согласно каталогу ИТА РАН, находилось 682 объекта, из них только 231 действующий.

Техногенный космический мусор – помеха при астрономических и других научных наблюдениях в оптическом, радио и инфракрасном диапазонах длин волн. Он создает угрозу космическим полетам и мешает функционированию действующих спутников. Поэтому так важно знать его местоположение. Актуальность проблемы возрастает с каждым годом из-за интенсивного засорения околоземного космического пространства.

Результаты трех сеансов наблюдений в 1986, 1992 и 1995 гг. четко показали увеличение не только заселенности геостационарной орбиты, но и рост количества не-

функционирующих объектов. Если в 1986 г. большую часть объектов составляли активные спутники с нулевым наклоном, то в 1995 г. количество пассивных ГСС в несколько раз превысило количество активных спутников, о чем свидетельствует примерно равномерное распределение объектов по наклонению от 0° до 15° .

Регулярно проводимые позиционные наблюдения ГСС составляют основу **контроля космического пространства** на геостационарной орбите. Приведем пример такой работы. 18 и 19 декабря 1992 г. был проведен обзор части геостационарной орбиты около подспутниковой точки $65,8^\circ$ в.д. шириной 30° (длина одного кадра

ВАУ). На снимках выявлено 46 объектов. 35 из них достаточно уверенно идентифицируются по каталогам ЕКА. Остальные могут быть потерянными спутниками, прекратившими функционирование, или объектами, происхождение которых связано с запусками спутников (четвертые ступени ракет-носителей, апогейные моторы), т.е. попадающими под категорию "космический мусор".

Два подобных объекта наблюдаются на Звенигородской обсерватории более 10 лет. Они совершают либрационные движения вблизи 75° в.д. с амплитудой около 3° . Продолжается накопление наблюдательных данных по этим объектам для дальнейшего исследова-

ния их движений. На 1-м телескопе в Симеизе начаты фотометрические наблюдения одного такого объекта с целью определения его формы.

Эти работы позволили сделать экспертную оценку состояния геостационарной орбиты, ее заселенности и эволюционных изменений. Регулярно проводимые обзоры геостационарной орбиты, возможность автономного составления точных эфемерид по заказанным объектам, точное прогнозирование движения интересующих нас ГСС помогли группам исследователей ИНАСАН комплексно подойти к изучению проблемы загрязненности околоземного космического пространства.

Информация

Звезды угрожают Земле

Астрономы Лаборатории реактивного движения в Пасадене (США) под руководством Р. Престона и Дж. Гарсия обработали большой массив данных, поступивших с борта астрометрического спутника "Гиппаркос". Установленные на нем приборы позволяют определить положения звезд с точностью до $0,1''$. По наблюдениям "Гиппаркоса" определены также параллаксы и собственные движения многих звезд.

Исследователи отобрали около 1200 звезд с самыми малыми собственными движениями. Расстояния до них известны из параллакс, полученных с помощью того же "Гиппаркоса". А спектральные наблюдения с наземных телескопов дали информацию о скорости движения этих звезд по лучу зрения.

В мае 1997 г. в Венгрии, на симпозиуме по результатам работы "Гиппаркоса" астрономы объявили, что ими обнаружено 8 звезд, которые в течение ближайшего миллиона лет могут пройти вблизи Солнца на расстояниях около 0,5 св. года (примерно 30 000 а.е.). Шансы на наименьшее сближение имеет звезда Гизе-710 из созвездия Змееносца, красный карлик с мас-

сой в три раза меньшей, чем у Солнца.

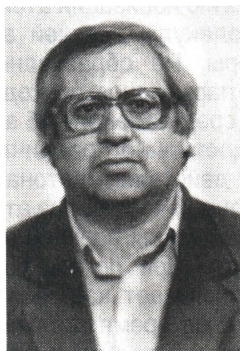
Звезды, оказавшиеся столь "близко", могут причинить неприятности Солнечной системе. На ее границах, за пределами орбит планет, существует скопление мелких небесных тел кометной природы, находящихся в поле тяготения Солнца, – облако Оорта. Близкие звезды могут существенно изменить орбиты его объектов, и тогда множество комет смогут проникнуть во внутренние области Солнечной системы. При этом значительно возрастет вероятность опасных столкновений комет с Землей.

New Scientist, 1997, 154, 17

Живопись Космоса – полярные сияния

А.Е. ЛЕВИТИН,
доктор физико-математических наук
Я.И. ФЕЛЬДШТЕЙН,
доктор физико-математических наук
Институт земного магнетизма, ионосферы и
распространения радиоволн РАН

Один из наиболее ярких результатов взаимодействия солнечного излу-



ВЕРХНЯЯ АТМОСФЕРА
ЗЕМЛИ – ПОЛОТНО КАРТИНЫ

В верхней части земной атмосферы существенную роль играют процессы **диссоциации** (деления) молекул на атомы и обратной их **рекомбинации** (соединения) в молекулы, в том числе и в новые – более сложные, чем они были первоначально. Здесь происходит **ионизация** молекул и атомов, а также трансформа-

чения с магнитным полем Земли – красочные спектакли полярных сияний. Многоцветное свечение ночного неба в полярных областях отражает возмущение земного магнитного поля под воздействием солнечного ветра. Как светящееся кольцо овальной формы зона полярных сияний неподвижно висит в простран-

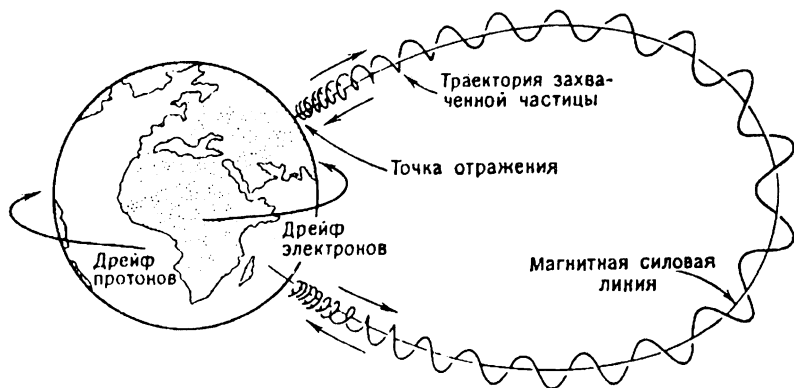
ве, а Земля вращается под ней вдоль 67° геомагнитной широты...



ция положительно заряженных ионов и отрицательно заряженных электронов в нейтральные частицы. В верхней атмосфере, начинающейся на высоте более 20 км, практически отсутствует характерный для нижней процесс превращения паров воды в облака и выпадение осадков. Верхняя атмосфера простирается до очень больших высот (несколько радиусов Земли) и меняет свое положение в

зависимости от энергетического состояния околоземной среды.

Ее атакует солнечная энергия в виде **электромагнитного** излучения (фотонов) и **корпускулярного** (частиц солнечной плазмы – продуктов солнечной активности), а также заряженные частицы, всегда присутствующие в околоземном пространстве. Каждый фотон (квант поля электромагнитного излучения), чья энер-



Движение заряженной частицы в магнитном поле Земли: частица совершает круговые движения вокруг силовой линии геомагнитного поля, перемещается между точками отражения (зеркальными точками), расположенными в двух полушариях, и дрейфует вокруг Земли: протон — на запад и электрон — на восток

гия зависит от длины его волны в случае поглощения атомами среды, порождает цепочку элементарных микропроцессов в верхней атмосфере. В результате возникает ее ионизация.

Вот несколько основных процессов ионизации. Солнечные фотоны с длиной волны до $1800 \text{ \AA}$ ($\text{\AA} - \text{ангстрем} = 10^{-10} \text{ м}$) диссоциируют молекулы кислорода: вместо одной молекулы O_2 образуются два атома кислорода, один из которых находится в обычном невозбужденном состоянии, а другой — в возбужденном, с энергией $1,96 \text{ электрон-вольт (эВ)}$. В среднем через 100 с возбужденный атом возвращается в основное состояние с излучением фотона с длиной волны $6300 \text{ \AA}$. Все элементарные микропроцессы проходят по строго фиксированному химическому и квантово-механическому законам. Согласно им, атом вещества способен поглощать и испускать фотоны только определенных длин волн. Фиксируя излучение фотонов из атома, можно с большей точностью установить, какому элементу из таблицы Менделеева принадлежит данный атом.

Фотоны с длиной волны

от 1800 до $2400 \text{ \AA}$ образуют другую цепь реакций: они переводят молекулы O_2 в возбужденное состояние, а далее эти молекулы, взаимодействуя с молекулами атомного кислорода, инициируют возникновение возбужденных молекул озона O_3 и атомов O . Молекулы озона легко вступают в реакции, в результате которых восстанавливаются молекулы кислорода O_2 .

Солнечные фотоны ионизуют и другие атомы и молекулы, содержащие азот, например, NO , N , N_2 (энергия ионизации соответственно равна $9,5$, $14,5$, $15,6 \text{ эВ}$). В верхней атмосфере могут появляться и отрицательные ионы. Почти все процессы ионизации молекулярных составляющих атмосферы завершаются появлением нейтральных атомов, т.е. в итоге одновременно с ионизацией молекул происходит и их рекомбинация.

Энергичные заряженные частицы, как и фотоны, создают аналогичные цепи элементарных процессов. Эффективность воздействия таких частиц на атомы и молекулы зависит от их **кинетической энергии** (от скорости частицы). В основ-

ном, электроны, протоны и тяжелые ионы, имеющие равные скорости, воздействуют одинаково. Однако энергия протонов и ионов превышает энергию электронов во столько раз, во сколько их масса больше, чем у электрона. Ионизация начинается, когда энергия падающих частиц превышает энергию ионизации атома или молекулы верхней атмосферы. На образование одной пары ионов расходуется в среднем около 35 эВ .

Существенно различие между действием фотона и заряженной частицы на атомы и молекулы верхней атмосферы. При поглощении фотон исчезает как частица, в то же время заряженная частица только теряет часть энергии и продолжает существовать, оказывая возбуждающее и ионизирующее действие до тех пор, пока полностью не исчерпает всю собственную энергию. Высота, до которой проникают заряженные частицы в атмосферу, определяется энергией частицы. Электроны с энергией около 10 кэВ попадают в атмосферу до высоты 100 км . Чтобы протону проникнуть до этой высоты, его энергия должна достигать почти 500 кэВ .

Заряженные частицы движутся в околоземном пространстве под воздействием магнитного и электрического полей. Магнитное поле не может изменить энергию частицы и влияет только на ее траекторию. Электрическое поле изменяет направление движения частицы (ускоряет или замедляет его). Все зависит от вектора скорости частицы. Ее сложное движение в околоземном пространстве (магнитосфере Земли) можно разделить на три компоненты: **вращение вокруг силовой линии** геомагнитного поля, **колебания вдоль силовой линии** между точками отражения в двух полушариях ("зеркальные точки") и **дрейф вокруг Земли**. При этом частица движется так, что отношение ее кинетической энергии в данной точке к магнитному полю, создаваемому магнитным полем Земли, сохраняется почти постоянным. Для характеристики движения частицы используется угол между скоростью частицы и вектором геомагнитного поля (**питч-угол**). При этом, если электрон или протон попадает в область геомагнитного экватора Земли (магнитное поле – $B_{\text{экв}}$) и его питч-угол α , то он будет продвигаться вдоль силовой линии геомагнитного поля по направлению к атмосфере, магнитное поле $B_{\text{атм}}$ которой определяется величиной $B_{\text{атм}} = B_{\text{экв}}/\sin^2 \alpha$. Зная из спутниковых данных распределение частиц по энергиям и питч-углам, можно определить высоты, до которых они проникнут в зем-

ную атмосферу, и, более того, – указать набор питч-углов для тех частиц, которые, попав в атмосферу, уже не вернуться в экваториальную плоскость, а свою энергию передадут частицам верхней атмосферы. Например, до высоты 100 км проникнут и погибнут частицы, имеющие питч-углы меньше, чем $\alpha = \arcsin(B_{\text{экв}}/B_{100})$. B_{100} – это магнитное поле Земли на высоте 100 км ("конус потерь частиц").

Время (Т) прохождения частицы от одной зеркальной точки до другой, расположенной в противоположном полушарии Земли, приблизительно описывает соотношение $T = 2 R_0 (1,3 - 0,6 \sin \alpha)$, где R_0 – расстояние от центра Земли до той точки ее траектории, в которой частица пересекает геомагнитный экватор. Электроны и протоны движутся вдоль силовой линии геомагнитного поля, у которой $R_0 = 4R_z$ (R_z – **радиус Земли**), с энергиями 10-100 кэВ. Их характерные значения времени составляют, соответственно, 0,5 и 30 с. Период кругового движения этих же частиц вокруг силовой линии составляет примерно 10^{-4} и 0,2 с, а **полный дрейф вокруг Земли** они совершают **почти за 10 час.**

Непосредственная причина полярных сияний – вхождение электронов и протонов, завершающих свое винтовое движение вдоль силовых линий геомагнитного поля, в более плотные (по сравнению с магнитосферой) слои атмосферы. Энергия наиболее эффективных частиц при этом составляет десятки кэВ – для протонов и до 10

кэВ – для электронов (Земля и Вселенная, 1984, № 4).

В более тесное взаимодействие с ядром атома или молекулой атмосферы вступает примерно один электрон из тысячи. И тогда возникает фотон с длиной волны, соответствующей рентгеновскому спектру излучения. Такие энергичные фотоны за счет своего нейтрального заряда проникают в атмосферу значительно глубже, чем первоначальные электроны. Частицы, ответственные за полярные сияния, чаще всего, движутся вдоль силовых линий геомагнитного поля, которые пересекают экваториальную плоскость на расстоянии 6 радиусов Земли от ее центра. Во время магнитных бурь это расстояние может сокращаться до 3-4 радиусов Земли – именно тогда полярные сияния появляются даже в средних широтах. Поскольку движение заряженных частиц определяется силовыми линиями геомагнитного поля, полярные сияния наблюдаются одновременно в двух полушариях Земли.

Поток электронов для яркого сияния оценивается в 10^{10} частиц, проходящих каждую секунду через поперечное сечение в 1 см^2 ; плотность потока протонов в 100 раз меньше. Их энергии составляют: для электронов – около 10^{10} кэВ/см² с, для протонов – 10^9 кэВ/см² с.

В конце 50-х гг. для проверки теории взаимодействия заряженных частиц с магнитным полем Земли ученые США и СССР провели ядерные взрывы на высотах от 50 до 500 км. Энергичные электроны, возника-



A



Б

Фотографии наиболее распространенных форм полярных сияний: А – авроральные полосы, Б – драпри и В – корона



ющие во время β -распада неустойчивых атомных ядер вещества взрыва, вызвали в верхней атмосфере искусственные сияния. Время жизни распадающихся ядер (около 10 мин) определяло длительность искусственного сияния, которое наблюдалось в двух сопряженных областях атмосферы, куда попадали силовые линии геомагнитного поля, проходящие через район взрыва. Возникающие при взрывах электроны имели энергию несколько мэВ. Они действительно закручивались вокруг силовых линий магнитного поля Земли и дрейфовали вокруг планеты.

Спектр полярных сияний, который исследуется с помощью спектрографов, состоит из линий и полос, принадлежащих, главным образом, нейтральным и ионизованным атомам и молекулам кислорода и азота.

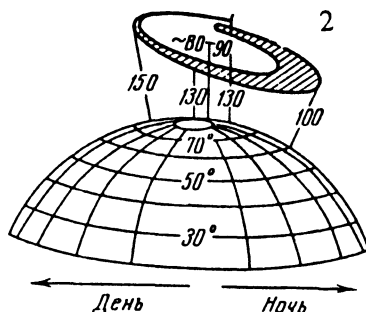
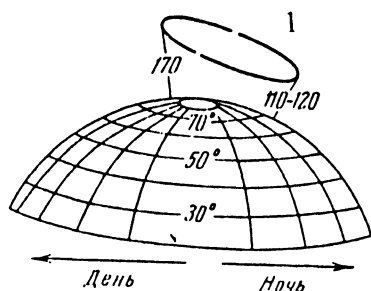
Цвет полярных сияний может быть зеленым, желтым, голубым, фиолетовым и красным. Кислород излучает под воздействием потоков частиц зеленую линию (длина волны $5577 \text{ \AA}$) и красную линию ($6300 \text{ \AA}$); азот излучает в красной, фиолетовой и голубой частях спектра (полосы 3914 , 4278 и $4709 \text{ \AA}$).

Видимые полярные сияния обусловлены выпадениями электронов с энергиями порядка $1\text{--}10 \text{ кэВ}$. Электроны, создающие узкие дуги полярных сияний, характеризуются “**моноэнергетическим**” распределением: все они обладают практически одинаковой энергией. Размазанные (“диффузные”) полярные сияния создаются электронами широкого спектра энергий. Как показали спутниковые наблюдения за потоками частиц, “моноэнергетическое” распределение электронов

обусловлено электрическими полями, направленными вдоль силовых линий геомагнитного поля. Такие электрические поля ускоряют малоэнергичные частицы. Все они приобретают практически одинаковую энергию (около нескольких кэВ). Движение электронов вдоль силовых линий магнитного поля Земли в области полярных сияний представляет собой ток – один из элементов крупномасштабной системы магнитосферно-ионосферных токов (Земля и Вселенная, 1997, № 6).

ОСОБЕННОСТИ ПОЛЯРНЫХ СИЯНИЙ

Полярные сияния принято классифицировать по таким критериям: форма (структура), яркость, цвет, высота и вертикальная протяженность, ориентация в



Овалы полярных сияний над поверхностью Земли. В магнито-спокойные периоды это — узкое кольцо (1). В магнито-возмущенные периоды кольцо расширяется (2). Цифрами указаны высоты овала над поверхностью Земли

пространстве, подвижность (активность) сияния.

Среди форм сияний выделяют следующие виды: однородная дуга, однородная полоса, пульсирующая дуга или полоса (по всей дуге или полосе происходят колебания интенсивности свечения с периодом от нескольких секунд до минуты или более), диффузные поверхности (аморфные свечения без отчетливых границ или светящиеся пятна, напоминающие облака), лучистая дуга (подобна однородной дуге, но свечение состоит из многочисленных вертикальных лучей), драпри — полоса, состоящая из очень длинных лучей, сходящихся к зениту точки наблюдения, и имеющая подковообразный изгиб, что создает впечатление свисающего занавеса, корона — лучистое свечение, создающее иллюзию купола или веера.

Яркость сияния оценивается **коэффициентом яркости**, характеризующей физической световой единицей — релеем (р). Интенсивность свечения определяется воздействием фотонов света на глаз человека. 1 р соответствует интенсивности свечения, когда через 1 см² поверхности каждую секунду проходит миллион фотонов. Фотон — это электромагнитная волна, распро-

страняющаяся в пространстве со скоростью света. Ее энергия обратно пропорциональна **длине волны фотона**. Последний образуется внутри атома при его возбуждении. Длина волны фотона зависит от энергетического состояния атома и его конструкции. В полярных областях Земли, где сияния происходят наиболее часто, в 80% случаев они наблюдаются с интенсивностью свечения от **0,75 до 11,5 кр**; в ряде случаев эта интенсивность превышает **100 кр**. Указанные интенсивности относятся к фотонам, генерируемым атомами кислорода и имеющим длину волны 5577 Å. Для других фотонов с длиной волны 6300 Å, также возникающих при возбуждении атомов кислорода, интенсивность свечения находится в пределах 5-100 р. Для фотонов, образующихся при возбуждении атомов азота (длина волны 3914 Å) — более 100 кр. Интенсивность свечения в 1 кр сравнима с яркостью Млечного Пути; в 10 кр — с яркостью перистых облаков, освещенных Луной; в 100 кр — с яркостью кучевых облаков, освещенных Луной. Суммарная яркость сияний может меняться в тысячи раз.

Цветовая характеристика — очень важный пара-

метр активности сияния, т.к. окраска связана с глубиной проникновения потоков частиц в атмосферу. Главную роль играет энергия высыпавшихся протонов и электронов, а цвет полярного сияния складывается из совмещения нескольких наиболее характерных длин волн (эмиссий) излучения атомов верхней атмосферы.

Полярные сияния наблюдаются не только в высоких широтах планеты, их фиксируют в средних и даже в низких широтах (в Египте и в Индии). **Широтный сдвиг** сияний всегда сопровождается сильными **магнитными бурями**. Тогда изменяется конфигурация силовых линий геомагнитного поля за счет воздействия на магнитное поле Земли мощных выбросов солнечной плазмы. Геомагнитное поле сжимается, и те силовые линии, которые в спокойные периоды упирались в полярные районы, смещаются к югу. Кроме того, из-за сильных магнитных возмущений во время бури меняется поведение частиц в **радиационных поясах Земли** (Земля и Вселенная, 1979, № 4): они находятся там в своеобразной **магнитной ловушке**, не позволяющей им попадать в атмосферу. В период сильных бурь энергичные

электроны и протоны из радиационных поясов изменяют своеpitch-угловое распределение и выпадают в атмосферу низких широт.

Связь пространственного положения полярных сияний с магнитным полем Земли может быть использована при анализе изменения геомагнитного поля за длительные промежутки времени.

Авторы статьи принимали участие в расчетах геомагнитного поля, существовавшего в эпоху викингов. Использованы древние норвежские документы VIII–XII вв., в которых отмечены случаи наблюдений полярных сияний. Зона их наибольшей повторяемости не соответствует современной. Приходится предположить, что параметры солнечной активности на отрезке последних 1000 лет значительно изменились (вероятно, все-таки солнечная активность обнаруживает **вековые вариации**). Исследователи полярных сияний все время уточняют их пространственно-временное распределение.

Еще в прошлом веке было установлено, что частота появления полярных сияний не увеличивается непрерывно с ростом географической широты, а достигает максимума на определенном расстоянии от полюса и потом начинает уменьшаться. Уже на первой карте линий одинаковой частоты видимых полярных сияний, созданной в 1881 г., заметны зоны повышенной частоты сияний, окружающие северный и южный полюса Земли.

В арктических районах (на основе данных наблю-

дений в период с 1700 по 1872 гг.) выделена зона, названная в честь ее открывателя **зоной Фритца**. В ней полярные сияния наблюдаются практически каждую ясную ночь. Она представляет собой деформированную магнитную параллель с центром вблизи магнитного полюса Земли, местонахождение которого определяется на основе модельных расчетов. В настоящее время магнитные полюса располагаются в точках с географическими координатами: 79° с.ш., 290° в.д. и 79° ю.ш., 110° в.д.).

В течение последующих 100 лет на основе все более совершенных данных наблюдений положение зоны полярных сияний непрерывно уточнялось. В результате обработки материалов наблюдений в период Международного геофизического года (МГГ) (Земля и Вселенная, 1991, № 5) Я.И. Фельдштейн построил расположение областей максимальной повторяемости полярных сияний для северного и южного полушарий и установил, что их форма напоминает овал, который не симметричен геомагнитному полюсу в дневные и ночные часы: на дневной стороне Земли овал на 8–10° ближе к полюсу, чем на ночной.

В последнее время, когда получены спутниковые фотографии всей высокоширотной области свечения с высоты в несколько тысяч км, исследователи убедились, что **овал полярных сияний**, выделенный Я.И. Фельдштейном, реально существует. Его положение в пространстве зависит от геомагнитной активности. Если смотреть из космоса,

то овал полярных сияний, представляющийся светящимся кольцом, неподвижно висит в пространстве, а Земля вращается под этим овалом вдоль геомагнитной параллели 67°.

Интенсивность свечения и размеры овала существенно меняются в зависимости от уровня солнечной и связанной с ней магнитной активности. Когда активность низкая, овал сжимается к полюсу, располагаясь на дневной стороне на геомагнитной широте $F \sim 80^\circ$, на ночной – на $F \sim 70^\circ$. Ширина его не превышает 100 км, и сияния в нем существуют постоянно. Во время сильных магнитных возмущений овал полярных сияний расширяется до 1.000 и даже 10.000 км на ночной стороне. При этом его южная граница смещается к югу, а северная – к северу. Величина смещения зависит от интенсивности токов в токовых системах магнитосферы Земли. При очень интенсивных токах полярные сияния могут возникать в средних и даже низких широтах.

Расширение зоны наблюдения полярных сияний свидетельствует о сильной магнитной буре, следствием которой становится нарушение условий **распространения радиоволн**: они рассеиваются на неоднородностях ионизации в ионосфере (верхней атмосфере). Разгорающееся сияние – сигнал о грядущих перебоях в коротковолновой радиосвязи.

Практическое значение знания “тайн” живописи космоса в верхних слоях атмосферы трудно переоценить.

Дожди из... серной кислоты

Л.Г. БОНДАРЕВ,
кандидат географических наук
МГУ им. М.В. Ломоносова

*Несчастье приготовилось к прыжку,
запасишься склянкой с серной кислотой*

Борис Пастернак

Современный экологический кризис затрагивает все компоненты биосферы. Формы его проявления чрезвычайно разнообразны. В

индустриальных районах зловредными становятся атмосферные осадки. Все чаще приходится слышать о кислотных дождях, как

результате выбросов промышленных отходов, но это явление может иметь и естественную причину.

ПРИРОДНЫЕ ИСТОЧНИКИ ОКСИДОВ СЕРЫ

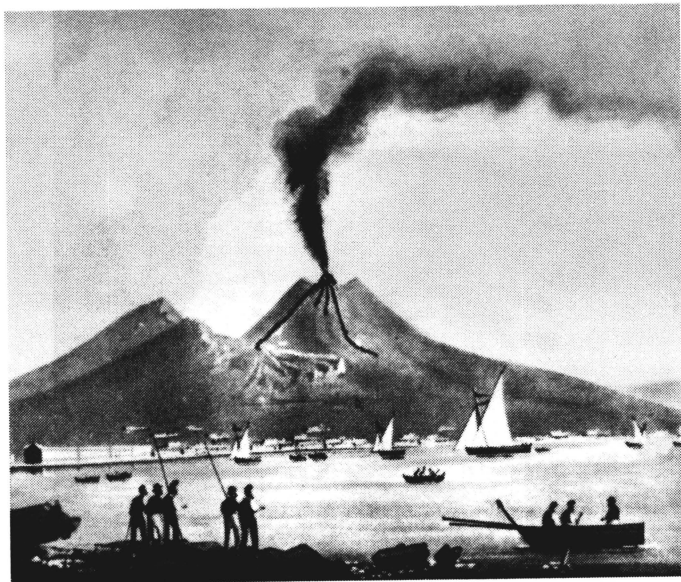
В атмосфере всегда содержится некоторое количество **диоксида серы** (SO_2), который вырывается из жерла вулкана вместе с вулканическими газами. Среднегодовая величина выброса вулканами Земли SO_2 колеблется, по оценкам разных авторов, в пределах от 1,5 до 10 млн т.

Вблизи кратера, где сернистый газ еще не успел рассеяться в воздухе, его действие может быть поистине убийственным.

“Мы чуть было не ударились в панику, – таким концентрированным и едким был этот дым, мгновенно обжегший нам глаза и горло. Мы отпрянули назад, лихорадочно натягивая противогазы”, – писал известный вулканолог Гарун Тазиев. Речь идет о вулкане Ниирагонго в Заире.

В окрестностях вулканов сернистые соединения и другие газы нередко на больших площадях уничтожают растительность или задерживают ее рост. Во время извержения вулкана Амб-

рим на одноименном острове в архипелаге Новые Гебриды в феврале 1979 г. за один день погибла почти вся растительность на площади 90 км². Кислотные дожди испортили источники питьевой воды, а многие люди были отравлены и получили ожоги кожи. На Гавайях фруктовые деревья в радиусе 50 км от конуса вулкана Килауза после извержений не раз сбрасывали листву и теряли плоды. То же можно сказать и о кофейных плантациях близ вулкана Масай в Никарагуа.



Везувий. Итальянская акварель, XIX в.

Но не только в адском грохоте вулканических взрывов поступает сернистый газ в атмосферу. В природе непрерывно разлагаются белки отмерших организмов. Выделяемый при этом **сероводород** (H_2S) окисляется до SO_2 , причем безмолвная работа микробов оказывается гораздо более результативной, чем громовой вулканизм. Заметим также, что есть микроорганизмы, способные окислить H_2S до элементарной серы. Так возникают ее **биогенные месторождения**.

Любопытно, что в Солнечной системе есть еще одна планета, в атмосфере которой присутствуют оксиды серы. Это **Венера**. В верхней части ее газовой оболочки присутствуют облака, состоящие из капель 75–85% водного раствора серной кислоты. На Венере возможны кислотные дожди,

но они испаряются, не достигнув поверхности планеты, температура которой 720–740 °K.

ТЕХНОГЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ ОКСИДОВ СЕРЫ

В XX в. отходы промышленного производства, содержащие оксиды серы, не только сравнялись с естественными выбросами, но и оставили их позади.

Это прежде всего сжигание минерального топлива. Угли Кизеловского бассейна на Южном Урале содержат до 5,8% серы, нефть Саудовской Аравии – 2–3%, а природный газ – около 0,05% серы.

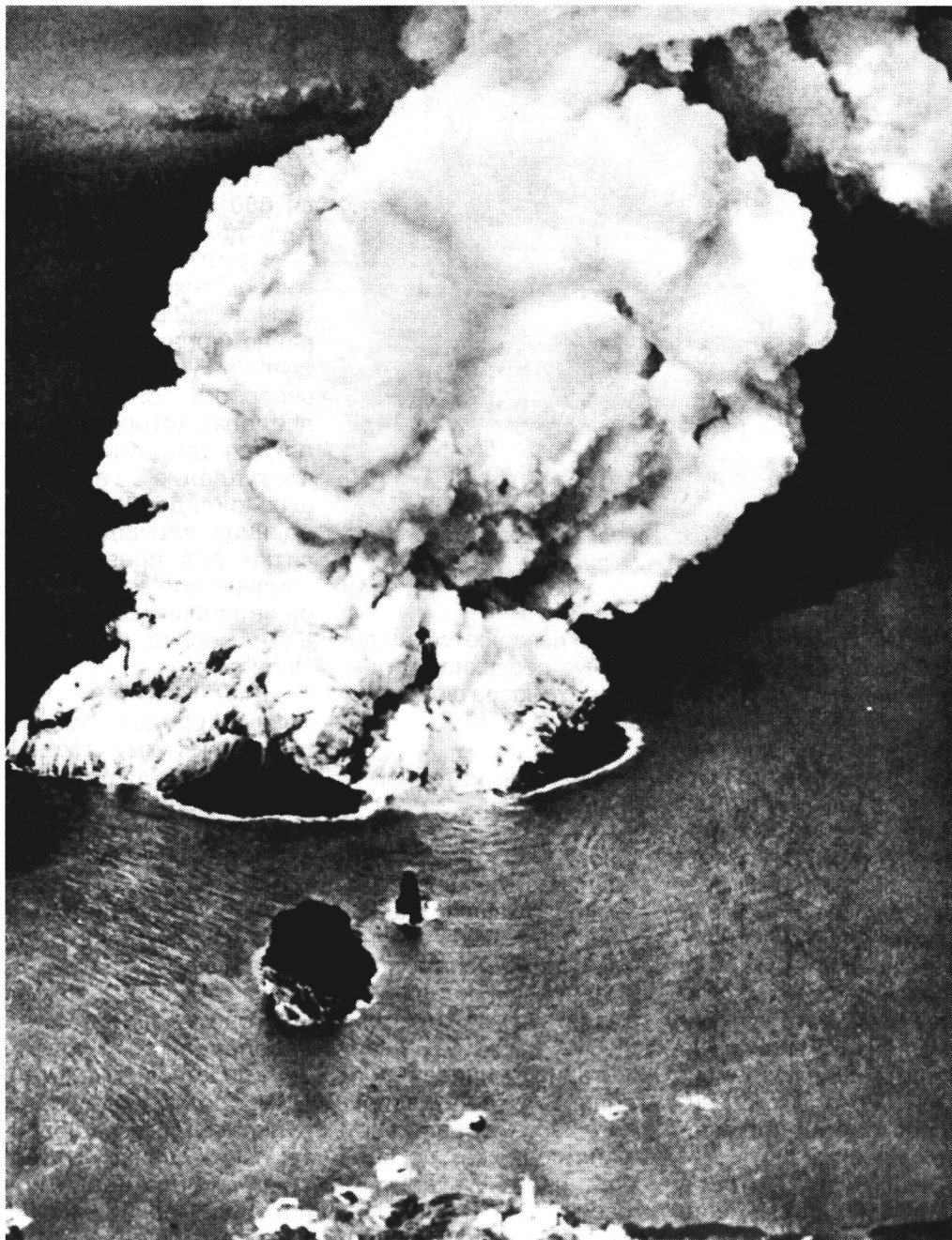
Другой источник – цветная металлургия. Оксиды серы загрязняют воздух при выплавке меди, цинка, свинца, поскольку примесь серы в рудах этих металлов весьма высока – до

42–45%. При получении ста тонн меди образуется 880 т сернистого ангидрида.

Пространственный выброс техногенного диоксида серы очень неравномерен: 95% приходится на умеренный пояс северного полушария, в пределах которого выделяются три региона, где поступление техногенных оксидов серы на единицу площади в десятки раз превосходит средние для земного шара величины. Это Северная Америка, Европа и Япония.

Крупные промышленные города по своему геохимическому воздействию на среду в известной степени сопоставимы с действующими вулканами. И те и другие представляют собой **точечные источники**, загрязняющие атмосферу. Интересно, что число их почти одинаково. Около 600 городов на Земле – с населением более 0,5 млн человек каждый, а число действующих вулканов, согласно работе И.И. Гуценко “Извержения вулканов мира (каталог)” приближается к этой цифре (их 578).

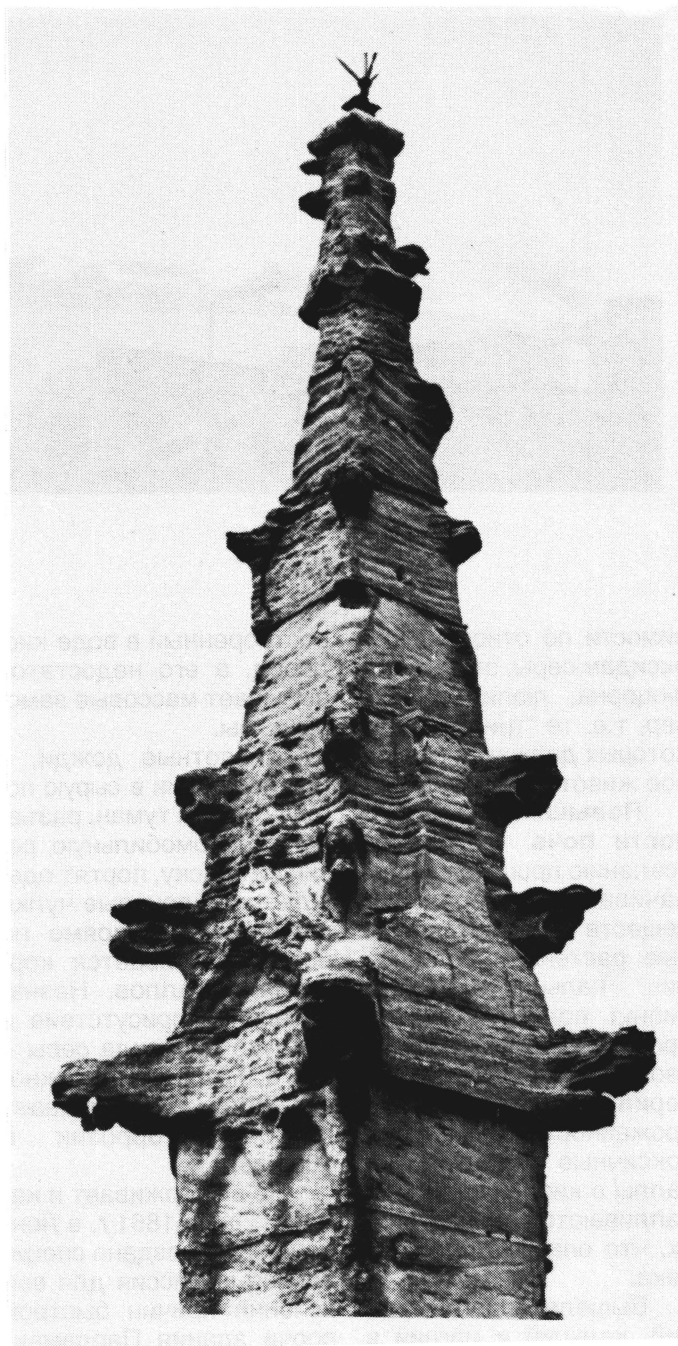
Отличие города – постоянная геохимическая активность: слабые сравнительно с вулканическими выбросы непрерывны. Огнедышащие горы с таким режимом – большая редкость. Можно назвать лишь два при-



мера – Стромболи в группе Липарских островов близ Сицилии и Исаляко в Сальвадоре. Оба служат естественными маяками. Вообще же, вулканы импульсивны, катаст-

рофичны, внезапно активизируются после долгих лет покоя. "Нормальное состояние для вулкана – покой. Извержения занимают минимальную часть их существования по

Извержение вулкана Капелинь-юш на Азорских островах вместе с пеплом и газами выбросило огромное количество диоксидов серы.



В городской атмосфере разрушаются архитектурные памятники. На снимке — изъеденный коррозией шпиль Библиотеки им. Бодлея в Оксфорде

сравнению с периодом спячки”, — пишет Г. Тази-ев. Эта особенность приводит к расхождению при определениях разными авторами среднегодовых значений вулканогенного выброса диоксида серы.

ЛЫСЕЮЩИЕ ДЕРЕВЬЯ И БОЛЬНЫЕ СОБОРЫ

В атмосфере оксиды серы и азота взаимодействуют с парами воды и образуют **серную и азотную кислоты**. Меняется

pH — водородный показатель атмосферных осадков, представляющий собой десятичный логарифм концентрации водородных ионов. У “чистого дождя” $pH = 5,6$. Реально наблюдаемые значения заметно отличаются от этой цифры. Среднегодовая величина pH в ФРГ составляла в 1976 г. 4,0. А в августе 1981 г. в Баварии прошли дожди со значениями $pH = 3,5$. “Рекордные” величины — еще ниже (в Шотландии наблюдались $pH = 2,5$, в Лос-Анджелесе при кислотных туманах были зафиксированы значения $pH = 1,7 \div 4,0$). Заметим, что у очень кислого на вкус сока, выжимаемого из лимона, $pH = 2,3$.

Подкисление речной и озерной воды до $pH = 4,0-4,5$ оказалось губительным для многих видов рыб. Десятки тысяч озер в Скандинавии и Канаде стали биологически “мертвыми”.

Увеличение концентрации SO_2 в атмосфере вызывает ненормальное расширение устьиц листовой поверхности (они становятся зияющими). Водный баланс деревьев нарушается. Теряя много воды и быстро переходя в состояние “физиологической сухости”, они ведут себя как при настоящей засухе: сбрасывают листья и хвою. Парадокс за-

Поселок Баренцбург на Шпицбергене. Дым стелется над чистейшими ледниками. Фото В. Маркина

ключается в том, что почва при этом содержит достаточное количество влаги.

Очень чувствительными к изменению кислотности оказались вечнозеленые умеренного пояса – хвойные породы. Они “лысеют” особенно быстро. Если при обычных условиях иглы сосны держатся 4–7 лет, то при загрязнении воздуха оксидами серы они живут не более года.

В результате резко падает продуктивность лесов. В некоторые годы годовые кольца просто не образуются. Изнуренные атмосферными загрязнителями деревья особенно болезненно переносят воздействия вредных насекомых. В конце концов они умирают, засыхая на корню. Мертвые древостои – типичная картина многих европейских лесов.

Различные породы деревьев по-разному реагируют на атмосферные загрязнения. Особенно чувствительна к ним пихта. В германской части Альп пихта занимает в настоящее время всего 3% от площади прежнего ареала. Отчасти она заменена более выносливой елью.

Кислота поражает и травы. Список травянистых растений, составленный по степени их уяз-



вимости по отношению к оксидам серы, открывают люцерна, люпин и клевер, т.е. те “три кита”, на которых держится молочное животноводство.

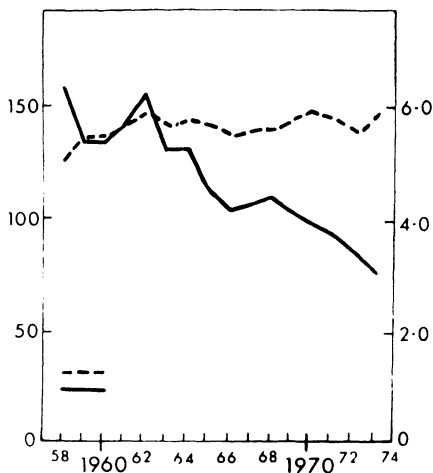
Повышение кислотности почв приводит к усилению процесса выщелачивания минеральных веществ – теряются нужные растениям соли калия, кальция и магния. Гибнут полезные микроорганизмы, в частности – азотфиксирующие бактерии. В итоге падает урожайность. Кроме того, токсичные тяжелые металлы в кислой среде накапливаются в растениях, что опасно для человека.

Выщелачиваемые калий, кальций и магний в увеличенном количестве поступают в реки и озера. Чрезмерное насыщение этими элементами вызывает массовое размножение водорослей. Водоемы “цветут”. При разложении отмирающей водной растительности расходуется

растворенный в воде кислород, а его недостаток вызывает массовые заморы рыбы.

Кислотные дожди, а при безветрии в сырую погоду – едкий туман, разъедают автомобильную резину и краску, портят одежду – нейлоновые чулки расползаются прямо на ногах. Усиливается коррозия металлов. Незначительное присутствие в воздухе диоксида серы – всего 0,01% при влажности 75% – увеличивает скорость коррозии в 100 раз.

Не выдерживает и камень. Еще в 1861 г. в Лондоне была создана специальная комиссия для выяснения причин быстрой порчи здания Парламента. Это монументальное сооружение возведено из доломитового известняка. Воздействие кислых осадков образует на стенах углубления, заполненные рыхлой каменной “мукой” – непрочными сульфатами.



Строительство высоких дымовых труб уменьшило концентрации загрязнителей в районе ТЭС, но общая эмиссия загрязнений не изменилась. График иллюстрирует динамику выброса SO_2 в Великобритании в 1960-х годах
1 — эмиссия, 2 — концентрация

В настоящее время список архитектурных памятников, подверженных техногенному выветриванию, выглядит весьма внушительно. Он включает такие шедевры, как Парфенон в Афинах, Кельнский собор, Тадж-Махал в Индии, колонна Траяна в Риме, театр "Гранд Опера" в Париже, Успенский собор в Московском Кремле...

В планетарных масштабах общие убытки от кислотных дождей измеряются многими десятками миллиардов долларов.

ОКСИДЫ СЕРЫ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

У человека вулканические газы раздражают слизистую оболочку, вредно действуют на дыхательные пути, вызывают тошноту и головную боль. В бассейне Конго при извержениях во время дождливого сезона часто распространяется болезнь, похожая на дизентерию. Причина недуга —

растворение в атмосферной влаге диоксида серы и соляной кислоты; подкисление передается питьевой воде, и в ней возрастает также растворимость токсичных соединений ртути, кадмия, свинца, меди.

Теперь о влиянии на человека "городских" аэрозолей, возникающих на базе оксидов серы. При наиболее трагичных случаях бронхиты, переходящие в хроническую форму и чреватые всевозможными осложнениями, готовят почву для возможного онкологического заболевания — рака легких...

*"Туман с кровавым
лицом каннибала
Жевал невкусных людей"
В. Маяковский*

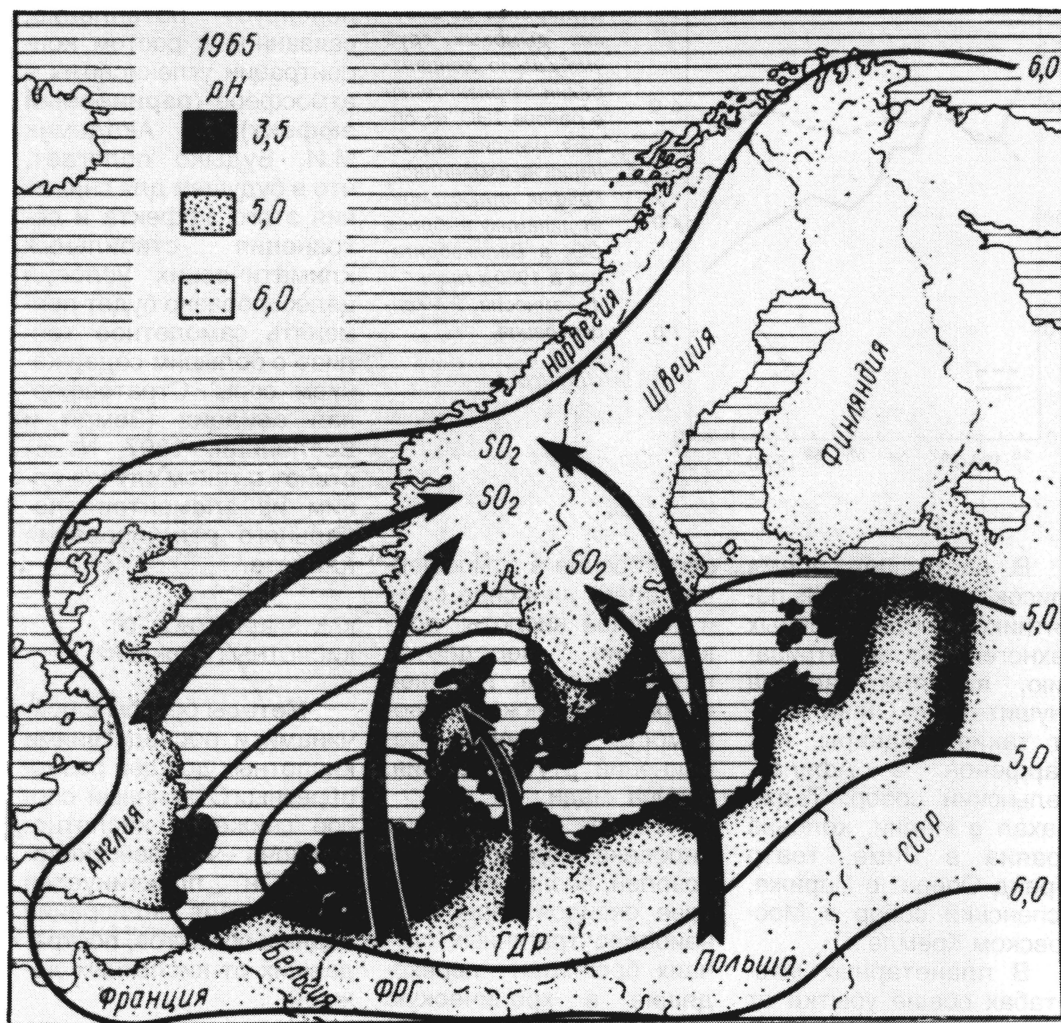
Кислые дожди влияют на климат. Аэрозольные частицы на базе сернистого газа увеличивают альбедо Земли и приводят к понижению температуры у земной поверхности. Это отчасти ком-

пенсирует потепление, связанное с ростом концентрации углекислоты в атмосфере (**парниковый эффект**). Академик М.И. Будыко полагает, что в будущем для снижения этого эффекта и сохранения стабильных климатических условий целесообразно будет применять самолетное топливо с большим содержанием серы. Стратосферная авиация (Земля и Вселенная, 1997, № 5) станет в таком случае одним из элементов глобального регулирования климата.

КАК ЗАЩИТИТЬСЯ ОТ КИСЛОТНЫХ ДОЖДЕЙ?

Методы борьбы с причинами и последствиями кислотных дождей разнообразны. Старинный способ снижения кислотности почв — их известкование. Он практикуется также и для мелиорации водных объектов, пострадавших от кислотных дождей.

Надо отметить, что ландшафты обладают разной устойчивостью по отношению к закислению. Например, территория сложенного гранитами **Скандинавского щита** страдает от кислотных дождей в гораздо большей степени, чем соседняя Восточно-Европейская равнина, где коренные породы представлены осадочной толщей с большим участием известняков, доломитов и мергелей. Присутствующая в воздухе карбонатная пыль снижает кислотность осадков. Один за-



грязнитель отчасти нейтрализует другой. Такое случается не часто.

В 70-х гг. стали бороться с бедами, причиняемыми сернистым ангидридом: крупные **тепловые электростанции** снабжались гигантскими трубами. Вредные выбросы быстрее рассеивались в атмосфере. Была превзойдена трехсотметровая Эйфелева башня, которая до 1931 г. считалась высочайшим в мире сооружением. В Англии,

например, построена труба высотой в 415 м. Но снижение концентрации вредных примесей вблизи источника загрязнения достигалось за счет ее увеличения на более отдаленных территориях. Общее количество вредных выбросов оставалось без изменений. Метод далеко не идеальный, но именно высокие трубы помогли очистить небо Англии от гари и копоти.

Возлагаются надежды на предварительную

Основны́е направления переноса диоксидов серы в Европе

очистку (обессеривание) руд и топлива. В частности, выведены микроорганизмы, способные удалять серу из нефти. Другой способ заключается в том, чтобы содержащийся в дымах сернистый газ превращался в серную кислоту не в атмосфере, а в очистных устройствах.

В развитых странах применение этих методов помогло заметно снизить общие выбросы оксидов серы. В Англии максимум выбросов был отмечен в 1970 г. **К 1983 г. эмиссия SO_2 уменьшилась почти вдвое.** В Северной Америке максимум выброса пришелся на 1973 г.; к 1986 г. последовало уменьшение чуть не в два раза. В Японии выбросы оксидов серы снижаются, начиная с 1970 г. В середине 80-х гг. концентрация этого загрязнителя в воздухе измерялась более чем в 1600 пунктах, причем в 99,5% случаев она соответствовала принятым стандартам качества воздуха.

На территории бывшего СССР максимальная эмиссия SO_2 относится к 1976 г. На протяжении полутора десятиле-

тий выбросы были стабильными, после чего установилась тенденция к снижению, которая была связана – увы – не с природоохранной деятельностью, а с сокращением объема производства.

В июне 1995 г. в Гетеборге (Швеция) состоялась Пятая международная конференция по кислотным осадкам. Ее участники оценили техногенную эмиссию SO_2 в атмосферу в 75, а естественную – в 25 млн т/год. Соответствующие цифры для оксидов азота равны 20 и 8 млн т/год. Естественное биогенное поступление в пределах разных географических зон происходит относительно равномерно, а техногенные выбросы сконцентрированы в тех же зонах, главным образом, **на urba-**

низированных землях в пределах около 5% площади суши. Поэтому появляются высокие концентрации загрязнителей относительно фоновых величин, кислотные дожди и чрезвычайно болезненная реакция на них биосферы.

Прогнозы по среднему сценарию таковы. **К 2025 г.** выбросы диоксида серы в Европе и Северной Америке будут продолжать снижаться, но в планетарном масштабе возрастут до **117 млн т.** Что касается оксидов азота, то их поступление в Европе не изменится, в Северной Америке возрастет незначительно, а во всем мире достигнет **43 млн т.** Ясно, что если не будут активно внедряться природоохранные технологии, ситуация останется весьма серьезной.

Информация

Рекордный Эль-Ниньо

Циклически повторяющееся потепление вод в центральной части Тихого океана и атмосферы над ней, известное как феномен Эль-Ниньо (Земля и Вселенная, 1996, № 4), в 1997-98 гг. развивается особенно быстро.

В июле 1997 г. температура поверхностного слоя моря у берегов Перу оказалась, согласно сведениям Национального управления по изучению океана и атмосферы США в Кемп-Спрингсе (штат Мэриленд), на 4°C выше нормы. Тон-

кий “язык” нагретых вод вытянулся вдоль экватора в сторону Международной линии смены дат (180° в.д.).

К августу 1997 г., едва успев начаться, Эль-Ниньо уже успело вызвать аномальное повышение температуры и другие необычные метеорологические последствия как на западе, так и на востоке гигантской акватории. Полоса мощных гроз сместилась в восточном направлении, изменился характер движения крупных воздушных масс.

В некоторых областях подобная аномалия (разность между реально наблюдаемыми и средними многолетними) уступает лишь той, что была зарегистрирована в рекордный по интенсивности Эль-Ниньо период 1982-83 гг. По мне-

нию климатолога Честера Ф. Ропелевского, нынешнее Эль-Ниньо, вероятно, станет рекордным за все время его наблюдения.

Еще в 1997 г. математические модели указывали, что явление сохранится по крайней мере до второй половины 1998 г. Зимой 1997-98 гг. оно заметно сказалось на погодных условиях Северной Америки. Центр климатологического прогноза США считает, что необычно теплая зима установится во всех северных штатах страны и охватит Калифорнию, Неваду и Аризону. На Юго-Западе США и вдоль побережья Мексиканского залива ожидается количество осадков, значительно превосходящее норму.

Science News, 1997, 152, 75

Александр Федорович Богородский

(к 90-летию со дня рождения)

11 сентября 1997 г. исполнилось бы 90 лет Александру Федоровичу Богородскому, доктору физико-математических наук, профессору Киевского университета, известному специалисту в области теоретической астрофизики и общей теории относительности.

А.Ф. Богородский родился в 1907 г. в Горловке (Донбасс) в семье железнодорожника. В 1910 г. семья переехала в Таганрог. В этом городе Александр Федорович получил среднее образование, начал свою трудовую деятельность, здесь определился его интерес к точным наукам.

В 1931 г. он экстерном закончил физико-математическое отделение Северо-Кавказского индустриально-педагогического института в Ростове-на-Дону. С этого времени началась его официальная педагогическая деятельность.

В 1933 г. А.Ф. Богородский поступил в аспирантуру при лаборатории космической физики Государственного естественно-научного института им. П.Ф. Лесгафта в Ленинграде. Его научный руководитель член-корреспондент АН СССР Г.А. Тихов сразу же оценил неординарные математические способности своего ученика, умение самостоятельно работать. Он поддержал стремление Александра Федоровича посвятить себя проблемам общей теории относительности и выбрать темой кандидатской диссертации исследование распространения света в гравитационном поле. Следует отметить, что эта тема представлялась довольно рискованной, так как в то время среди астро-



номов еще было распространено скептическое отношение к теории относительности.

В 1936 г., после успешной защиты диссертации, Александр Федорович становится старшим научным сотрудником института им. Лесгафта и вместе с Г.А. Тихоновым и его группой выезжает в Казахстан для наблюдений полного солнечного затмения 19 июня 1936 г. Экспедиция прошла успешно, результаты обработки полученных ею спектрограмм солнечной короны были опубликованы в трудах экспедиции.

В 1938 г. Александр Федорович поступил в докторантуру Пулковской обсерватории. Темой своей диссертации он избрал "Астрономические следствия теории относительности". В этой работе Александр Федорович рассматривал вопросы, связанные с релятивистскими эффектами в астрономии. В начале 1941 г. он завершил работу над диссертацией, получившей высокую оценку видных специалистов, и с 1 июня возобновил деятельность в институте им. Лесгафта. К сожалению, защита диссертации так и не состоялась из-за начавшейся войны.

Работая в институте им. П.Ф. Лесгафта и в Пулковской обсерватории, Александр Федорович познакомился с такими выдающимися учеными и яркими личностями, как Н.А. Морозов, А.А. Белопольский, С.К. Костинский, Б.П. Герасимович, Л.А. Орбели.

В 1944 г. Александр Федорович принял приглашение директора Астрономической обсерватории Киевского университета профессора С.К. Всехсвятского занять должность старшего научного сотрудника обсерватории. В 1945 г. он становится доцентом кафедры астрономии университета, а с 1963 г. — профессором.

С этого момента и до последних дней жизнь А.Ф. Богородского была связана с Киевом, Киевским университетом, университетской обсерваторией. Здесь в полной мере раскрылся талант Александра Федоровича как ученого и организатора научных исследований. Оценивая его наследие, нельзя не отметить широту научных интересов. Кроме общей теории относительности, он занимался проблемами физики Солнца (определение электронной концентрации в солнечной короне, распределение солнечных пятен), физики планетарных туманностей (структура контуров спектральных линий, распределение энергии в спектрах, определение температуры ядер). Вместе со своей ученицей Н.А. Хинкуловой он установил, что при исследовании распределения электронной плотности в солнечной короне необходимо учитывать анизотропию рассеяния. Предложенный им метод получил общее признание и вошел в монографии и учебники.

А.Ф. Богородский занимался историей астрономии в Киевском университете. Исследование архивных материалов и других источников по истории астрономии, выполненное им совместно с Н.А. Чернегой, завершилось серией очерков, в которых с исчерпывающей полнотой изложена история становления и развития астрономии в университете от времени его основания до 1964 г.

Фундаментальные результаты получены Александром Федоровичем в общей теории относительности: он дал оригинальное, простое по форме и наиболее полное решение релятивистской задачи Кеплера, включая классификацию возможных типов орбит; в 1959 г. одним из первых рассмотрел релятивистские эффекты в движении ИСЗ; привел доказательства неоднозначности уравнений поля Эйнштейна; выполнил пионерские исследования по ковариантному интегрированию тензорных уравнений; разработал простой метод интегрирования уравнений Эйнштейна для системы точечных масс; дал всесторонний анализ парадокса Зеелигера, роли принципа эквивалентности как главной физической предпосылки общей теории относительности, проблемы привилегированных систем отчета и обоснования системы Коперника.

Работы А.Ф. Богородского подытожены в его монографии "Уравнения поля Эйнштейна и их применение в астрономии" (1962 г.). По единодушной оценке специалистов эта монография стала ценным вкладом в мировую литературу по общей теории относительности. В 1964 г. А.Ф. Богородскому за эту монографию была присвоена ученая степень доктора физико-математических наук.

В 1971 г. вышла из печати последняя крупная работа ученого — монография "Всемирное тяготение", которая с энциклопедической полнотой отразила взгляд астронома-профессионала на основные этапы развития физических основ и математического аппарата теории гравитации, от закона всемирного тяготения Ньютона до уравнения поля Эйнштейна.

В 1953 г. Александр Федорович стал директором Астрономической об-

серватории Киевского университета, не оставляя преподавательской работы. Александр Федорович прежде всего направил усилия на укрепление инструментальной базы обсерватории и на повышение теоретического уровня выполняемых работ. Он поддержал инициативу сотрудников построить своими силами горизонтальный солнечный телескоп, вступивший в строй в 1954 г. Способности А.Ф. Богородского как руководителя и организатора особенно ярко проявились во время Международного геофизического года, когда в процессе подготовки к этому крупнейшему научному проекту были построены две загородные наблюдательные станции, начаты наблюдения метеоров, а также визуальные и фотографические наблюдения ИСЗ, развернуты исследования Солнца.

Во время пребывания А.Ф. Богородского на должности директора модернизирован меридианный круг обсерватории, а результаты наблюдений на нем послужили основой нескольких каталогов положений звезд.

В 1972 г. Александр Федорович оставил пост директора, но еще год был профессором-консультантом при кафедре астрономии. И после выхода на пенсию он поддерживал рабочие контакты с коллективом обсерватории, читал для сотрудников лекции по релятивистской астрофизике и теории относительности, выступал с докладами на научных собраниях.

Александр Федорович – блестящий педагог высшей школы. Он вел такие фундаментальные курсы, как теоретическая астрофизика, теоретическая астрономия, звездная астрономия, внутреннее строение звезд, магнитная гидромеханика, общая теория относительности, космология. Им подготовлено и издано одно из первых в стране пособий по магнитной гидромеханике, напи-

сан курс лекций “Внутреннее строение звезд”, который, к сожалению, так и остался неопубликованным. Результаты работы ученого отражены в двух монографиях, упомянутых выше, и в более чем 100 статьях.

Лекции Александра Федоровича привлекали слушателей глубиной и яркостью мысли, богатством эрудиции, высоким научным уровнем, утонченной интеллигентностью. Он имел редкостный дар четко и ясно излагать сложнейшие вопросы современной науки. Многие из его учеников сегодня успешно работают в науке, на производстве, в учебных заведениях. Все они с благодарностью вспоминают годы, которые им посчастливилось провести рядом с Александром Федоровичем.

А.Ф. Богородский, человек высокой духовной культуры, обладал тонким литературным вкусом, любил и хорошо знал творчество Чехова, Достоевского, Пушкина, имел глубокие познания в истории и, в особенности, по истории науки. Это был человек исключительной порядочности и скромности, чуждый каким бы то ни было конъюнктурным соображениям, далекий от тщеславия, чуткий к людскому горю. Высокие моральные качества привлекали к нему сердца людей и вызывали чувство глубокого уважения.

Смерть А.Ф. Богородского (10 декабря 1984 г.) стала большой утратой для всех, кто имел счастье близко его знать. Память о нем осталась в названии малой планеты № 3885, открытой 25 апреля 1979 г. сотрудником Крымской астрофизической обсерватории Н.С. Черных.

*А.К. ОСИПОВ,
С.В. ХМИЛЬ*

Астрономическая обсерватория Киевского университета

Древность небесных кругов

АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ПОЭМА

В III в. до н.э. греческий поэт Арат создал поэму “Явления”, которая принесла ему громкую славу и пользовалась огромной популярностью на протяжении очень долгого времени, вплоть до XVII в. н.э. (Земля и Вселенная, 1990, № 1, с. 112). Поэма стала настолько знаменита, что великий Гиппарх (190-126 гг. до н.э.) написал к ней комментарии – единственное полностью дошедшее до нас сочинение астронома.

Арат родился в киликийском городе Солы около 315 г. до н.э., учился в Афинах у философа Зенона Китийского, основателя стоической школы. Царь Македонии Антигон Гонат, приверженец стоической философии, пригласил Арата в Пеллу, и тот, по-видимому, стал его придворным поэтом. Биографы Арата сообщают, что “Явления” были написаны в 275 г. до н.э. по заказу царя, предложившего поэту сделать стихотворный пересказ книг “Явления” и “Зеркало природы” знаменитого математика и астронома Евдокса Книдского (ок. 408-355 гг. до н.э.).

Времена меняются, и нам уже не совсем понятна популярность знаменитой поэмы. В ней нет ни сюжета, ни приключений. Мы бы посчитали ее “научно-популярным” стихотворным текстом, содержащим описание звездного неба и примет изменения погоды. Можно быть уверенным, что существенную роль в успехе поэмы сыграли ее поэтические достоинства. Арат писал архаичным торжественным языком, взяв за

образец Гомера, и показал себя мастером ярких метафор. Например, звезды у него “мчатся”, небесные круги “нещадно отсекают” части созвездий.

НЕБЕСНЫЕ КРУГИ В ПОЭМЕ

Поэма издана на русском языке в 1992 г. в переводе А. Россиуса. В ней содержатся некоторые сведения по сферической астрономии. Так в ее начале поэт сообщает, что

*“...множество звезд влекутся:
Вместе со сводом небес – непре-
станно, вседневно и вечно.
Но не смещаясь отнюдь, напро-
тив, в недвижности косной
Ось утвердилась; надежно она в
равновесии Землю
Посередине хранит и стремится не-
беса круговратно.
Остиями ограничена ось обоюдо-
сторонне:
Южное скрыто от глаз, супротив
обозримо другое –
С севера над океаном. Вокруг две
Медведицы рядом...”*

(строки 20–26)

Приведенные строки описывают ось мира и положение ее северного полюса, который в античное время (и много раньше) медленно перемещался между “Медведицами” к Полярной звезде. В середине поэмы Арат снова обращается к геометрии и говорит о небесных кругах – экваторе, тропиках и зодиаке. Экватор Арат называет “срединным кругом”, эклиптику “наклонным” и “солнцепутем”, а тропики “солнцеворотными” или “меньшими” кругами. С

рассказом о кругах связано очень важное место поэмы – описание их пересечений с созвездиями и некоторые замечания о самих кругах. Закончив рассказ о том, через какие части каких созвездий проходит северный тропик, “первый из меньших кругов”, Арат добавляет:

*“Если его разделить на восемь частей, то при свете
Дня над Землей обращаются
пять, а три – в Океане.
Летом коснувшись его, назад по-
вращается Солнце.”*
(строки 497–499)

Любопытно, что такое деление тропика верно для $\phi = 41^\circ$, а это – широта Пеллы.

Есть аналогичное замечание и о южном тропике, но у него “в Океане”, (то есть ниже горизонта) находятся не три, а пять частей. При описании экватора Арат упоминает, что “дважды в году здесь ночи и дни становятся равны”. А дальше поэт описывает взаимное расположение главных небесных кругов, вполне согласное с современными началами сферической астрономии. Вот отрывок из этого описания:

*“Трех равнобежных кругов направляется осью вращенье,
Посередине меж них водруженной
отвесно. Четвертый
К солнцеворотным кругам при-
креплен обоюдосторонне
Наискосок, пополам рассекаемый
кругом срединным.”*
(строки 525–528)

Такие четкие представления о геометрии неба вполне могут быть связаны с именем Евдокса, участие которого в создании материала поэмы не подлежит сомнению. Именно Евдокс стал автором первой в истории математической модели небесных движений (так называемой “гипотезы гомоцентрических сфер”), на основе которой Аристотель построил свою систему мира. Однако астрономический анализ поэмы показал, что ее история начинается не с книг Евдокса.

КОГДА НАБЛЮДАЛОСЬ “НЕБО АРАТА”?

Через два века после Евдокса Гипарх открыл явление прецессии – предварения равноденствий, т.е. медленного перемещения точек пересечения экватора и эклиптики. Это связано с тем, что земная ось описывает конус, делая оборот примерно за 26000 лет. При этом полюса мира движутся по кругу диаметром 47° с центром в полюсе эклиптики, и положение небесного экватора и тропиков среди звезд со временем изменяется.

Сам материал поэмы – древнейшее из дошедших до нас описаний звездного неба – дает уникальную возможность определить эпоху, когда оно наблюдалось, и географическую широту, на которой велись наблюдения. Казалось бы, исследователи должны были получить время Евдокса, т.е. середину IV в. до н.э. Тем не менее, труды английских астрономов привели к выводам о глубокой древности первоисточника.

Первый метод, которым воспользовались Е. Маундер еще в 1909 г. и А. Кроммелин в 1923 г., состоял в изучении размеров и положения части небесной сферы, неизвестной авторам поэмы. Было установлено, что наблюдения описанных в поэме созвездий могли происходить в районе $36^\circ \pm 1,5^\circ$ с.ш. Кроме того “область невидимости” оказалась заметно смещенной относительно того положения южного Полюса мира, которое он занимал в эпоху Евдокса. Оценка этой асимметрии, очевидно, связанной с прецессией земной оси, и была положена в основу датировки. Оба ученых пришли к ошеломляющему выводу, что описанное Аратом небо наблюдалось около 2500 г. до н.э. В 1966 г. М. Овенден подтвердил этот результат другим методом, используя приведенные в поэме данные об одновременных восходах и заходах созвездий.

Наконец, в 1984 г. А. Рой применил еще один способ датировки и получил эпоху 2000 г. до н.э. Его метод особенно интересен, потому что основан на анализе рассказа Арата о пересечении созвездий с небесными кругами. Результаты предыдущих исследований можно

было толковать в том смысле, что Евдокс частично использовал в своих книгах древнее описание звездного неба. Что касается элементов сферической астрономии, одним из создателей которой он считается, то они могли принадлежать ему.

Работа Роя показала, что представления о небесных кругах являются неотъемлемой частью поэмы и принадлежат безвестным создателям ее первоисточника, жившим за полторы тысячи лет до Евдокса!

НЕБЕСНЫЕ КРУГИ ЗАГОВОРИЛИ

Рой выделил из текста поэмы 34 конкретных сообщения о положении небесных кругов относительно созвездий и проверил, насколько они соответствуют разным эпохам. Эту работу он провел в планетарии колледжа города Глазго. На его полусферический экран спроектировали звезды с фигурами созвездий и небесными кругами для ряда эпох от 2000 г. н.э. до 5000 г. до н.э. (такую возможность имеют большинство планетариев).

Исследователь для каждой эпохи ставил оценки качеству совпадения сообщений поэмы с наблюдаемой картиной. Баллы оценок суммировались для каждой эпохи. Число соответствий увеличивалось по мере приближения к эпохе 2000 г. до н.э., где сумма баллов достигла 33, причем, для эпохи Евдокса она оказалась вдвое меньше.

Автор этой статьи решил, вслед за английским астрономом, провести более подробное и более наглядное изучение проблемы. Дело в том, что мы вынуждены верить результатам Роя на слово, поскольку не можем оценить объективности его оценок. Для решения той же задачи можно обойтись и без планетария, воспользовавшись звездной картой, построенной в эклиптических координатах. На такой карте эклиптика изображается прямой линией, а экватор и тропики – синусоидальными кривыми. Прецессионное движение выразится простым сдвигом этих кривых вдоль эклиптики. Для исследования мест пересечений с созвездиями экватора и тропиков в разные эпохи до-

статочно нанести их на кальку, и располагать ее на карте в положениях, соответствующих разным эпохам.

Эклиптическая система координат долго была господствующей. Она удобна для астрологов, которых интересуют в основном Солнце, Луна и планеты, перемещающиеся вдоль зодиака. Даже Ян Гевелий в своем знаменитом звездном атласе, изданном в 1690 г., пользовался этими координатами. В них составлен и древнейший звездный каталог, помещенный в Альмагесте Птолемея. Он, как известно, в значительной степени основан на данных Гиппарха и наиболее близок по времени к эпохе Арата.

Поэтому за основу построения карты созвездий, приведенной в иллюстрациях к статье, был взят этот каталог. Фигуры созвездий наносились по указаниям каталога, в котором описано положение звезд в каждой из них. На наш взгляд, это описание весьма своеобразно и даже забавно. Например, объекты созвездия Персея перечислены так: “N1 – туманное скопление на конце правой руки; N2 – звезда на правом локте...; N25 – звезда на левой пятке и т.д.”. Кроме того, учитывались гравюры созвездий Альбрехта Дюрера (1515 г.) и Антона Вензама (1534 г.). По средневековой традиции созвездия изображались зеркально (как на звездном глобусе). На карте нет созвездия Весов. Оно было введено довольно поздно на месте упоминаемого Аратом древнего созвездия Клешней Скорпиона. Птолемей его называет Весами, но положения звезд в нем дает применительно к Клешням, например: “N1 – яркая звезда на конце южной клешни”. Поэтому изображение фигуры этого древнего созвездия не вызвало трудностей.

На карте сплошными линиями показаны тропики и экватор эпохи каталога Птолемея, то есть около 50 г. н.э., пунктирными – их положение в 2000 г. до н.э. Хорошо заметно, что за две тысячи лет они сместились по отношению к созвездиям. Цифрами от 1 до 5 обозначены эпохи, для которых положение кругов соответствует тексту поэмы. С помощью такой карты (разумеется, большего масштаба) изучались положения

Фигуры древних созвездий и небесные круги на карте звездного неба.

Обозначения: Положения кругов в эпоху каталога Птолемея (50 г. н.э.) —, в эпоху 2000 г. до н.э. — — —.

Эпохи фиксации созвездий:

- 1 — весьма древняя (до 2200 г. до н.э.),
- 2 — древняя (до 600 г. до н.э.),
- 3 — античная (800 г. до н.э. — 1000 г. н.э.),
- 4 — смешанная (2600 г. до н.э. — 160 г. н.э.),
- 5 — неопределенная с весьма широкими пределами

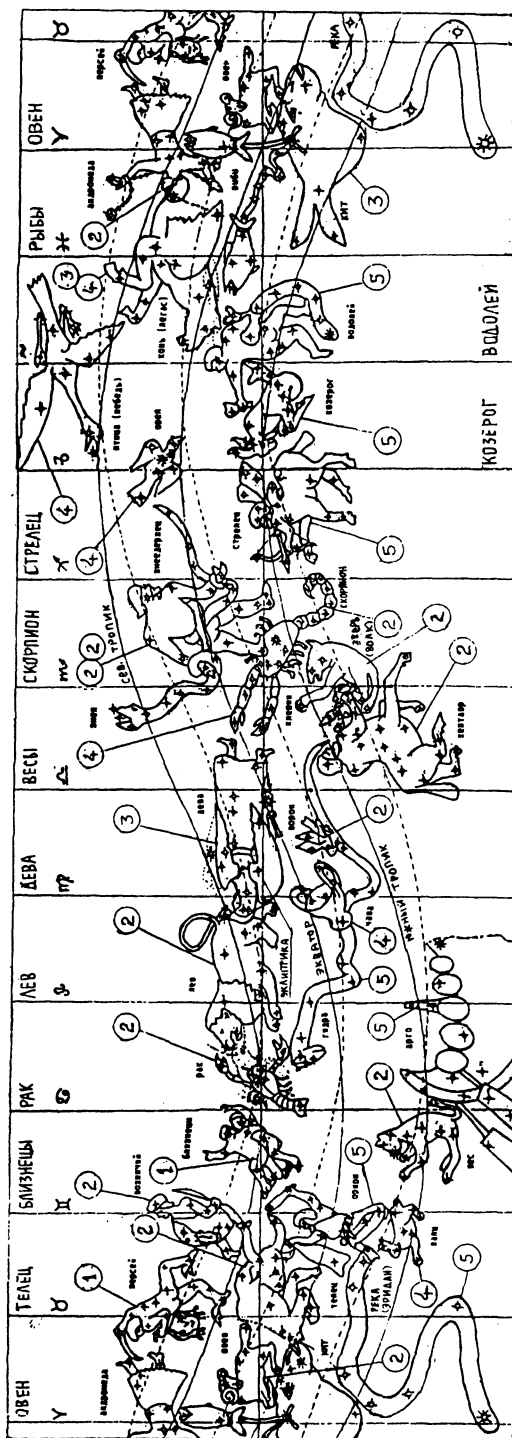
кругов относительно созвездий с 4000 г. до н.э. до 2000 г. н.э., через каждые 200 лет.

Самой многочисленной — 13 созвездий — оказалась группа с древними датировками, указывающими эпохи до 600 г. до н.э. и не включающими эпоху Евдокса (350 г. до н.э.). Два созвездия, Близнецы и Персей, отнесены к весьма древним датировкам, они наблюдались до 2200 г. до н.э. Три созвездия (Дева, Кит и Пегас) четко относятся к античной эпохе, они зафиксированы после 800 г. до н.э. и включают время Евдокса.

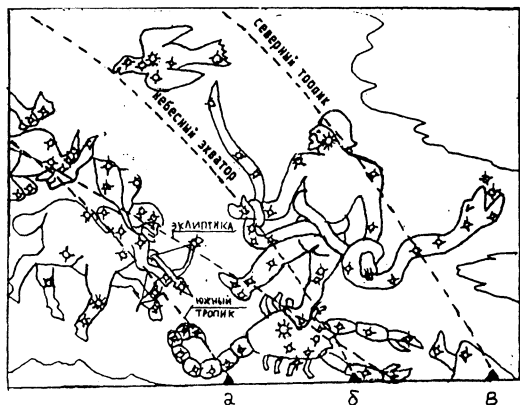
Есть группа из шести созвездий, которые охватывают период от 2000 г. до н.э. до 1600 г. н.э., т.е. и древнюю и античную эпохи и не противоречат ни той, ни другой датировке. Наконец, еще семь созвездий вообще не дают определенной датировки. У них отмеченные Аратом пересечения сохраняются весьма долгое время или отсутствуют.

Исследование подтвердило вывод А. Роя о наличии статистического максимума датировок на рубеже третьего и второго тысячелетий до н.э., когда, видимо и был зафиксирован первичный материал памятника.

Что касается созвездий Девы, Кита и Пегаса, то их античную датировку можно объяснить частичным позднейшим исправлением древнего текста. Выбор этих созвездий не случаен — все они находятся вблизи точек зодиака, отмечавших равноденствия в античное время. Не исключено, что Евдокс или кто-то из его предшественников наблюдал восходы и заходы Солнца и звезд в



равноденствиях и обратил внимание на несоответствие положения кругов в тексте источника по отношению к этим созвездиям.



НЕБЕСНЫЕ КРУГИ И "ГОРИЗОНТНАЯ АСТРОНОМИЯ"

Таким образом, астрономия свидетельствует, что первоисточник поэмы Арата был создан в эпоху, когда эллинской цивилизации еще практически не существовало, а крито-микенская делала первые шаги. Кто же на рубеже третьего и второго тысячелетий до н.э. мог составить словесную карту звездного неба, включив в нее небесные круги?

На этот вопрос в настоящее время трудно ответить. Область, где наблюдались зафиксированные в памятнике созвездия, проходит через Крит, юг Малой Азии, север Сирии и Ирана и южную часть Туркменистана. Изучение древних цивилизаций этого региона активно продолжается, и здесь можно ожидать крупных открытий. Не исключено, что много интересного откроется при изучении Эблы, расцвет которой как раз падает на 2500–2000 гг. до н.э., ближе других расположенной к 36-ой параллели.

Вряд ли источник поэмы Арата мог быть связан с древним Египтом – египетская система созвездий имеет слишком мало общего с древнегреческой. Шумеро-аккадские созвездия, напротив, близки к античным. В то же время космологические представления шумеров и вавилонян далеки от идеи сферического неба и понятий о небесных тропиках и экваторе. О других цивилизациях региона пока известно слишком мало.

Картина захода созвездий в 2000 г. до н.э.

Обозначения: точки захода Солнца: а – зимнее солнцестояние, б – равноденствия (точка запада), в – летнее солнцестояние

Не исключено, что создателями "описания звездного неба" были "астрономы" племен, еще не имевших государств и письменности. На это косвенно указывает изучение астральной мифологии живших там народов.

Представление о сферическом небе, охватывающем Землю, есть в мифах о Мировом яйце, сохранившихся в Ведах – памятниках древнеиндийской литературы. Их создателями считаются полукочевые индоевропейские племена, возможно, ведийские (то есть пользовавшиеся языком Вед) арии. Возникает вопрос, могли ли они выработать понятия о небесных кругах и наблюдать их пересечения с созвездиями? В пользу этого есть веские доводы.

Эпоха создания первоисточника поэмы Арата отмечена широким распространением археоастрономических памятников типа Стоунхенджа (Земля и Вселенная, 1974, № 5). Археологами открыто множество святилищ-обсерваторий с ориентирами, фиксирующими на горизонте точки восходов и заходов Солнца в моменты солнцестояний и равноденствий (Земля и Вселенная, 1997, № 5).

Эти точки имеют прямое отношение к небесному экватору и тропикам. Действительно, через точки восхода и захода Солнца в равноденствиях проходит небесный экватор, а через точки его восходов и заходов в солнцестояниях – северный и южный тропики. Поэтому жрец-астроном подобной обсерватории, наблюдая восходы или заходы звезд в отмеченных местах горизонта, сразу получал данные о прохождении тропиков и экватора через созвездия. Зная наклон пути Солнца или Луны вблизи горизонта, он мог мысленно продлить его до встречи со звездами знакомых созвездий.

Таким образом, если небо уже поделено на созвездия и созданы обсерватории горизонтной астрономии типа

Стоунхенджа и Савина, нетрудно выделить на небе главные круги – экватор и тропики.

ВНУТРИ МИРОВОГО ЯЙЦА

В своей поэме Арат почти повсеместно называет Небо Зевсом. Присвоение небу имени верховного божества, вместо, например, Урана, бога звездного неба, позволяет думать, что за этим эпитетом стоит нечто большее, чем поэтическая вольность. Возможно, основой книг Евдокса послужил древний религиозный текст людей, обожествлявших небо. Это, кстати, объясняет и долгую жизнь и “консервацию” сведений источника.

Можно даже указать греческое религиозное течение, связанное с ведийской (в ту эпоху уже индийской) традицией, – орфизм. Орфики, подобно индийцам, верили в переселение душ, проповедовали вегетарианство. Их мифология имела общие черты и с иранской, они считали, что мир порожден Временем (орфики называли его Хроносом, а иранцы Зерваном). Все эти три мифологии учили, что Вселенная возникла из Мирового яйца. Небо считалось скорлупой этого яйца, охватывающей Землю. К орфикам были близки пифагорейцы, а Евдокс учился математике и астрономии у Архита Тарентского (428-365 гг. до н.э.), одного из последних представителей пифагорейской школы. Не исключено, что через учителя он и получил древний текст, неизвестно кем и когда переведенный на греческий язык.

Чтобы выяснить взгляды создателей источника, стоит обратиться к тексту поэмы. Небосвод в ней считается твердым, равномерно вращающимся, несущим жестко связанные с ним неизменные звезды. Горизонт Арат всюду именует Океаном, что согласуется не только с древнегреческим мифом о воде, окружающей Землю, но и с более древним ведийским о Мировом яйце, плавающем в первобытных водах. Кстати, здесь можно вспомнить и о плавающей Земле Фалеса Милетского. При

этом несомненно, что у авторов первоисточника существовало представление о том, что светила, опускаясь за горизонт в темные океанские глубины, проходят под Землей.

Древние мифы о Мировом яйце связаны с представлениями о плоской Земле и существовании в природе абсолютного направления верх–низ. В поэме есть также намеки на плоскую Землю. Так, Арат упоминает, что экватор “пополам разделен Землею”. Но пересекать небесный круг плоскостью гораздо естественнее, чем шаром. Представления о плоской Земле подтверждает и указание в поэме на определенный наклон тропиков к горизонту (“Если его разделить на восемь частей...”). Отметим и грубое, не применявшееся в более позднее время, деление небесных кругов на восемь частей. Внимательное чтение “Явлений” приводит к мысли, что Арат донес до нас архаичную картину мира с плоской Землей, лежащей на поверхности Океана, и вращающимся твердым небом, наполовину погруженным в Океан.

Однако эта картина совершенно не вяжется с тем, что мы знаем о Евдоксе. Он считал Землю шарообразной и приводил тому доказательства. Известно, что он понимал смысл понятия широты, хотя и не владел еще методами ее определения. Если бы он сам внес в книгу деление тропиков на видимую и невидимую части, то, несомненно, отметил бы, что величина видимой доли зависит от места наблюдения. Воздержимся здесь от попыток объяснить это противоречие.

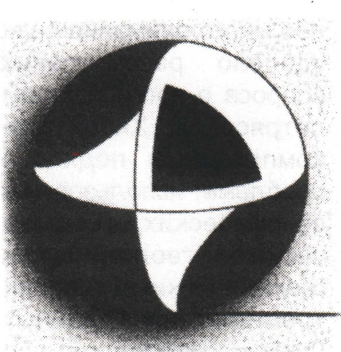
Итак, похоже, древние создатели первоисточника поэмы были носителями мифологии Мирового яйца. Но “небоскорлупа” – вращающаяся твердая сфера – как раз и является идеальной моделью для построений сферической астрономии! Возможно, этот миф укрепостил воображение древних мудрецов, и они, опередив научную мысль на полторы тысячи лет, подсказали эллиническим математикам путь к созданию сферической астрономии.

С.В. ЖИТОМИРСКИЙ

Сейсмологи мира – в Салониках

Сейсмологи разных стран мира начали объединяться уже более 100 лет назад. В 1895 г. группа ученых, в которую входили профессор Т. Левицкий и К. Картадзе, обратилась к ученым других стран с призывом организовать международные сейсмические наблюдения. С таким же предложением выступил известный английский сейсмолог профессор Джон Мильн. В Берлине была создана первая постоянная комиссия, на базе которой и образовалась **Международная ассоциация сейсмологии и физики недр Земли** (МАСФНЗ). В 1911 г. ее президентом был избран российский геофизик, организатор сейсмологических исследований в нашей стране академик Б.Б. Голицын. Под его председательством 3-я Генеральная ассамблея ассоциации прошла в 1914 г. в Петербурге.

Очередная 29 Генеральная ассамблея Меж-



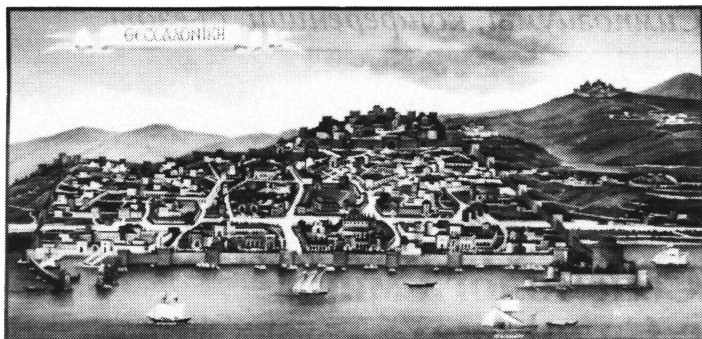
Эмблема 29-й Генеральной Ассамблеи Международной ассоциации Сейсмологии и Физики недр Земли

дународной ассоциации сейсмологии и физики недр Земли (МАСФНЗ) состоялась в Греции (г. Салоники) 18–28 августа 1997 г. Теперь МАСФНЗ – одна из самых крупных ассоциаций Международного союза по геодезии и геофизике (МГТС). Ассамблеи МАСФНЗ проходят один раз в два года. Эти всегда значительные события в науках о Земле способствуют коорди-

нации исследований специалистов по различным направлениям геофизики.

Место проведения 29 Ассамблеи выбрано неслучайно. Греция – один из наиболее активных сейсмических и тектонических районов земного шара. Салоники – второй по величине город в стране после Афин, расположенный в северной Греции, на берегу Эгейского моря. 29 Генеральная Ассамблея МАСФНЗ состоялась в университете “Македония”, расположенном на компактной территории вблизи университета Аристотеля, в центре города.

Программа Ассамблеи была весьма обширной: 23 научных симпозиума и 23 “воркшопы” (плакатные доклады), а также ряд заседаний Комиссий и рабочих групп. Обсуждено около 2000 докладов. Почти 100 ученых представляли различные научные учреждения России.



Вид Салоник со старинной гравюры

Многие доклады на Ассамблее были посвящены вопросам, связанным с глубинной структурой и активной тектоникой в окрестности Эгейского моря и окружающей территории. Но значительная их часть затрагивала глобальные проблемы.

Доложено о завершении многолетнего координационного проекта по глобальной сейсмической опасности (1972-97 гг.) (руководитель проекта — Д. Джирардини, Италия). В работе над этим проектом участвовали ученые различных стран земного шара, в том числе России и стран СНГ. Для выполнения проекта использовалась определенная унификация исходных сейсмических данных каталогов землетрясений, а также согласованная методика построения карт сейсмической опасности. Большое внимание при работе над проектом уделялось вопросам оценки сейсмического риска и экономических эффектов землетрясений. Для этого использовались геонин-

формационные системы.

В докладах на Ассамблее много внимания было уделено рассмотрению вопроса о прогнозах землетрясений. Характерен комплексный подход к проблеме: использование сейсмических, геофизических, геологических, геохимических и геоэлектромагнитных данных. Однако сейсмология продолжает играть главенствующую роль. Широко развивается вероятностный путь решения проблемы, который представляется весьма перспективным.

Развитие новых технологий исключительно важно для прогноза землетрясений. На заседаниях Ассамблеи рассмотрены математические модели вибропросвечивания, особенно полезного при изучении микроземлетрясений: аппаратура устанавливается в зонах активных трансформных разломов. Представлявший Россию академик С.А. Федотов рассказал о разработанном в Институте вулканологии РАН

долгосрочном прогнозе землетрясений на Камчатке и Курильских островах на период с 1996 по 2000 гг.

Интересен подход к составлению карт ожидаемых землетрясений, изложенный в докладе Г.А. Соболева (Россия). Вводится прогностический параметр, основанный на изучении активности форшоков, предваряющих землетрясения и ряда проведенных модельных исследований, указывающих на нестабильное состояние в зонах разлома.

Учет фрактальной геометрии сейсмичности позволил В.Н. Смирнову (Россия) объяснить соотношение между частотой землетрясений и структурой литосферы. Здесь главную роль играет анизотропия в переходных зонах между океанами и континентами в Северной Евразии. Подобные же явления наблюдаются вблизи горячих точек на Гавайях, в верхней части земной коры в Исландии; ряд особенностей изучен вблизи вулкана Везувий. Член-корреспондент РАН А.В. Николаев из Объединенного института физики Земли (Россия) рассказал, что в сейсмической и акустической эмиссии обнаружены не-



Салоники – второй по величине город в Греции, заново отстроенный после землетрясения 1976 года

линейные эффекты. Разрабатывается новый подход к динамическому мониторингу землетрясений.

В других докладах рассмотрены геодинамические зоны коллизий альпийско-средиземноморского бассейна, в частности, установлено напряженное состояние района Эгейского моря. Намечается тесная взаимосвязь сейсмичности и теплового потока в активных тектонических районах, а именно – в Северной Евразии, в Китае, на островах в Новой Зеландии. Термальные структуры обнаружены в Южной Америке, Центральных Андах, Западных Кордильерах, Центральной части Средиземномор-

ского бассейна. Обобщив данные в этом районе, российские тектонисты В.Е. Хаин и Л.И. Лобковский предположили, что землетрясения на глубинах 40–150 км вызваны разрушением блоков хрупкой литосферы в условиях глубокой субдукции в астеносфере (погружение плит). Океанические плиты подвижны, и, естественно, происходит нестабильная деформация океанической литосферы. На основании батиметрических и гравитационных данных обнаружен нелинейный характер движения океанических плит.

Работы, посвященные региональной палеосейсмичности, указывают на то, как важно продолжать исследования в этом направлении. Так, в Японии после катастрофического землетрясения в Кобе в 1995 г. гео-

логической службой страны принят специальный проект по изучению палеосейсмодислокаций. Такие исследования проводились в Греции, Индии, Венесуэле, Бельгии, Северной Евразии, Италии и др. сейсмоопасных местах земного шара.

Особое внимание участники Ассамблеи обратили на достижения и перспективы Международного сейсмологического центра (МСЦ), рассмотрев результаты 30-летнего периода его деятельности (директор – А. Хьюгс). В течение этого периода МСЦ регулярно выпускал детальные ежемесячные сейсмологические бюллетени, где по данным почти 2000 сейсмических станций мира определялись основные параметры землетрясений земного шара. Были составлены каталоги землетрясений и библиография по сейсмологии, изданы сборники “Ощутимые и разрушительные землетрясения”.

Данные МСЦ использовались в сейсмической томографии. На ее основе с помощью компьютерной техники построена новая детальная модель Земли с учетом региональных особенностей и сейсмотектонической изученности. Эта выдающаяся работа была выполнена А. Дзиевонски, Е. Энгдалом и Б. Кеннетом (США). Она заменила существовавшую очень долго (с на-

чала XX в.) классическую модель Джеффриса-Буллина. Предполагается провести перелокацию прежних землетрясений с учетом уточненной модели.

Получены новые данные о физике очага землетрясения. Выдвинута идея о ядерном образовании в очаге. Теоретические и лабораторные исследования, проводившиеся во многих странах (в Японии, Великобритании, Индии), показали, что перед динамическим разрывом горных пород должна существовать некоторая стабильность. Обратили в связи с этим внимание на развитие калибровочной техники в использовании международной системы мониторинга. Для быстрого определения параметров глубинных очагов землетрясений (гипоцентров) по данным локальных наблюдений будут созданы программы Международных сейсмологических центров ("Геоскоп", "Орфейус") с целью повышения точности локализации гипоцентров.

Если прежде считалось, что надо изучать в основном сильные землетрясения, то теперь намечено проводить автома-

тический анализ микроземлетрясений в пределах проекта "Пренлаб" с использованием волновых форм для автоматического определения фокальной глубины землетрясений. Волновые формы помогут идентифицировать взрывы. Предполагается автоматическая оценка тензора сейсмического момента при записи с помощью волновых форм сильных движений локальных землетрясений. Такие работы ведутся в Японии.

В время Ассамблеи прошло первое заседание новой Рабочей группы Комиссии по практике МАСФНЗ "Международные центры данных" (председатель — М. Кондорская, Россия). В составе этой группы — представители из 18 учреждений различных стран. Перед группой поставлена задача: координировать обмен данными в системе "Интернет". Ей поручена также организация постоянных дискуссий по различным аспектам передачи данных и их унификации.

В интересах сейсмологической практики создастся специальное руководство для сейсмологи-

ческих обсерваторий, включающее современные представления о сборе, передаче и обработке сейсмологической информации. Это издание принесет огромную пользу сейсмологам-наблюдателям.

Во время конгресса была открыта обширная выставка, где представлено подробное описание геофизической лаборатории Университета, Института инженерной сейсмологии в Салониках, а также Организации по планированию и защите в Греции — в Афинах. Среди экспонатов — аппаратные разработки 10 зарубежных фирм.

Очередная встреча сейсмологов мира прошла в дружеской обстановке при прекрасной организации ее работы оргкомитетом во главе с профессором В. Папазаховсом. После Ассамблеи для ее участников состоялись экскурсии, позволившие ознакомиться с уникальными геологическими структурами Греции.

*Н.В. КОНДОРСКАЯ,
академик РАЕН
Объединенный институт физики
Земли РАН*

Баксанская нейтринная обсерватория

Е.Н. АЛЕКСЕЕВ,
доктор физико-математических наук

СОЗДАНИЕ ОБСЕРВАТОРИИ

В 60-е гг. академик М.А. Марков предложил исследовать слабые взаимодействия с помощью нейтрино космических лучей в подземных экспериментах. Предложенный им метод основан на регистрации мюонов, рожденных при взаимодействии нейтрино с нуклонами вещества в недрах Земли. Тогда же были сделаны первые оценки интенсивности потока нейтрино высоких энергий от возможных галактических источников.

Другим направлением подземных исследований стала разработка методов регистрации и измерения потока нейтрино, идущего от Солнца. Согласно современным представлениям, основным источником энергии звезд, находящихся, как и наше Солнце, на главной последовательности, служат термоядерные реакции, в результате которых четыре протона пре-

вращаются в ядро гелия. На первой стадии процесса – слиянии двух протонов с образованием ядра дейтерия – образуются нейтрино. Поскольку нейтрино обладают огромной проникающей способностью, они выходят из внутренних областей Солнца, и их поток достаточно велик на уровне Земли. Он может быть зарегистрирован специальными детекторами. Регистрация таких нейтрино позволила бы проверить правильность представлений о процессах, происходящих внутри Солнца, или, образно говоря, заглянуть внутрь звезды (Земля и Вселенная, 1993, № 2).

Было принято решение объединить эти два направления и создать единый комплекс подземных лабораторий. Место для будущей обсерватории выбрали недалеко от горы Эльбрус, в **Баксанском ущелье**, находящемся в Кабардино-Балкарской республике. Проект предусматривал

строительство двух параллельных горизонтальных тоннелей в горе Андырчи (4000 м), вдоль которых предполагалось разместить физические установки. Подземное расположение установок связано с тем, что фон от космических лучей (поток мюонов) снижается по мере углубления под землю и в конце тоннеля почти на 7 порядков ниже, чем на поверхности. Одновременно предусматривалось строительство необходимых инженерных и хозяйственных сооружений и жилого поселка для сотрудников.

Создание Баксанской нейтринной обсерватории Института ядерных исследований РАН неразрывно связано с именами таких известных ученых, как М.А. Марков, А.Н. Тавхелидзе, В.А. Матвеев, А.Е. Чудаков, Г.Т. Зацепин, А.А. Поманский и др. Программа ее исследований расширялась по мере введения в строй подземных сооружений.

Первой крупной физической установкой Обсерватории стал подземный **сцинтилляционный телескоп**, сданный в эксплуатацию в 1978 г. (Земля и Вселенная, 1979, № 1, с. 4). Регистрирующая часть телескопа состоит из 8 слоев жидких сцинтилляционных детекторов. Четыре горизонтальных слоя составлены в виде этажерки с расстоянием 3,5 м между соседними слоями, а четыре вертикальных слоя окружают этажерку с 4-х сторон. Общие размеры телескопа — $17 \times 17 \times 11,5$ м³, полное количество детекторов — 3150.

Типовой детектор телескопа представляет собой алюминиевый контейнер размерами $70 \times 70 \times 30$ см³, заполненный жидким органическим сцинтиллятором. Ионизация, вызванная заряженной частицей в сцинтилляторе, регистрируется с помощью фотоумножителя, установленного в центре детектора. Ячеистая структура телескопа позволяет измерять направление прихода частиц с точностью около 2°. Измеряя время пересечения частицей различных слоев детекторов, можно определить направление движения частицы, движущихся со скоростью света, а для медленных частиц измерить скорость их движения. Принцип регистрации нейтрино высоких энергий основан на том, что выделяются частицы — мюоны, рожденные нейтрино и идущие из нижней полусферы Земли. В

этом случае Земля служит как бы экраном для защиты от мюонов, имеющих в составе космических лучей, двигающихся сверху, так как они проникают на большую глубину (до нескольких километров), но не могут пройти через всю Землю.

В настоящее время на телескопе зарегистрировано около 700 нейтрино. Это составляет более половины мировой статистики, полученной на всех подземных установках. В результате эксперимента получены ограничения на параметры осцилляций нейтрино, т.е. взаимопревращений нейтрино одного типа в другой, которые могут происходить согласно гипотезе, выдвинутой академиком Б.М. Понтекорво.

По суммарной статистике нейтринных событий проводился поиск возможных локальных источников нейтрино в нашей Галактике, однако анализ направлений прихода нейтрино пока не дает оснований сделать однозначный вывод о существовании таких источников.

Одна из задач сцинтилляционного телескопа — регистрация нейтринного излучения при гравитационном коллапсе ядер массивных звезд. Это событие сопровождается вспышкой сверхновой II-го типа. Теория предсказывает, что во время коллапса ядра звезды должен излучаться короткий по длительности (порядка 10 секунд), но мощный (10^{53} эрг) импульс нейтринного излучения. Регистрация такого импульса может дать важнейшую информацию не толь-

ко о последней стадии эволюции звезды, но, возможно, и о свойствах самого нейтрино (масса, магнитный момент и др.).

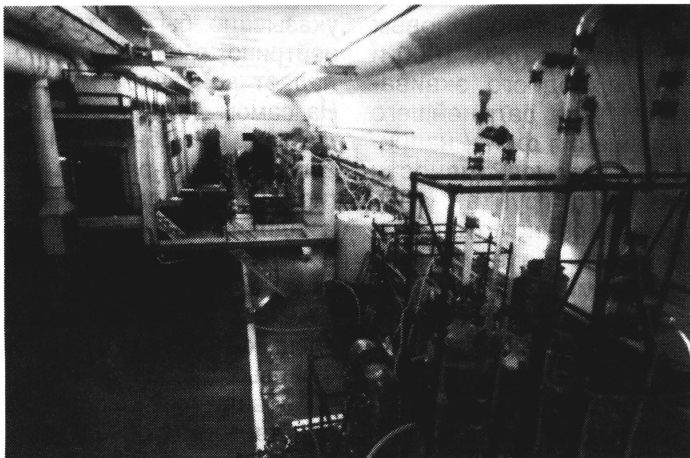
Ожидаемое среднее время между вспышками сверхновых в нашей Галактике составляет по различным оценкам от 10 до 100 лет. Если учесть, что последняя зарегистрированная сверхновая II-го типа вспыхнула более 300 лет назад в созвездии Кассиопеи, то можно сказать, что Галактика явно “задолжала” по этим событиям. Непрерывная работа телескопа в течение 17 лет показала, что в нашей Галактике за это время не произошло ни одного коллапса.

Способность телескопа обнаруживать источники данного нейтринного излучения ограничена размерами Галактики (приблизительно 20 кпк). Однако, если сигнал регистрируется одновременно несколькими установками, можно судить о появлении источника нейтрино на гораздо больших расстояниях. Так, в 1987 г. Баксанский телескоп обнаружил слабый нейтринный сигнал от коллапса звезды в Большом Магеллановом Облаке, находящейся на расстоянии 50 кпк. Одновременно он был зарегистрирован водночечеренковскими детекторами IMB (США) и Камиоканде (Япония) (Земля и Вселенная, 1989, № 2).

Достижения теоретической физики (единая природа электромагнитного и слабого взаимодействий, последующее открытие переносчиков электрослабого взаимодействия W и Z

бозонов) привели к созданию теоретических моделей, объединяющих все взаимодействия элементарных частиц. Обнаружилась чрезвычайная сложность микромира и вместе с тем его тесная взаимосвязь со Вселенной и ее объектами. Для проверки некоторых явлений, предсказанных новыми моделями, — неустойчивости протона и существования во Вселенной сверхтяжелого **магнитного монополя** — необходимы крупные физические установки, расположенные под землей, где фон от проникающего космического излучения снижен в тысячи раз.

Баксанский телескоп оказался именно той установкой, на которой возможны такие исследования, в частности потому, что на нем реализовано измерение скорости медленных частиц, что важно для поиска магнитных монополей. Дело в том, что магнитные монополи, предсказываемые теориями объединения, должны иметь огромную по масштабам микромира массу (в 10^{17} раз больше массы протона) и, следовательно, условия для их появления существовали только на самых ранних стадиях развития Вселенной. В дальнейшем эти реликтовые монополи могли захватываться галактиками и ускоряться в их магнитных полях до ско-



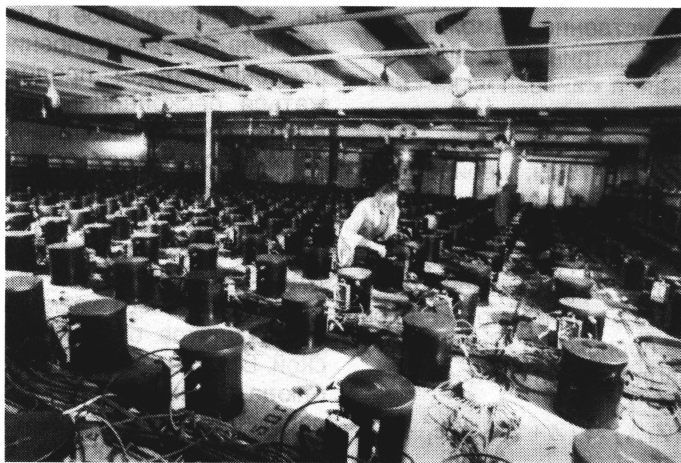
ростей порядка 300 км/с. Вследствие огромной массы даже при таких “небольших” скоростях монополи приобретают огромную энергию и могут свободно проходить через такие небесные тела как Земля и, следовательно, регистрироваться на любых глубинах в подземных экспериментах.

До сих пор единственной оценкой верхней границы числа монополей в Метагалактике была величина $10^{-15} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1} \text{ ст}^{-1}$, полученная из условия, что поток монополей выше данного неизбежно

приводил бы к разрушению магнитных полей нашей Галактики. Наши исследования на Баксанском телескопе позволили пройти значительно ниже этого предела.

НИЗКОФОНОВЫЕ ЛАБОРАТОРИИ

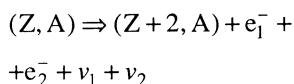
Уникальные возможности подземных лабораторий позволяют проводить исследования редких процессов, требующих низкого радиационного фона. Толща горы существенно снижает поток космических лучей на глубинах распо-



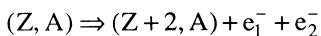
ложения низкофоновых лабораторий (660, 1000 и 5000 м водного эквивалента). Для дальнейшего уменьшения фона, например, радиоактивности скального грунта, установки экранируются различными материалами, имеющими пониженное содержание радиоактивных элементов.

Одно из редких явлений, исследуемых в низкофоновых лабораториях, – **двойной бета-распад**, при котором переход какого-либо изотопа в другой возможен только в случае одновременного распада двух нейтронов в ядре. Заряд ядра при этом увеличивается на две единицы. Этот процесс может происходить с теми изотопами, в которых одиночный бета-распад запрещен законами ядерной физики.

При двойном бета-распаде могут испускаться два нейтрино:



Однако такая форма двойного бета-распада не единственно возможна. Если нейтрино не дираковская, а майорановская частица, т.е. если нейтрино и антинейтрино тождественные частицы, двойной бета-распад может сопровождаться обменом виртуальной частицей (нейтрино) между нейтронами, и выхода нейтрино из ядра не происходит. Тогда будет наблюдаться процесс:



Его обнаружение прямо

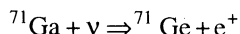
указывало бы на то, что нейтрино, в частности, обладает ненулевой массой. На самом деле в экспериментах по обнаружению двойного бета-распада регистрируются вылетающие из ядра электроны, а затем по форме их энергетического спектра определяется число участвовавших в процессе частиц. В низкофоновых лабораториях исследовали ряд изотопов, и действительно обнаружили двухнейтринный двойной бета-распад для нескольких из них. Развитие методики позволило существенно поднять чувствительность эксперимента. В настоящее время совместно с учеными США и Испании проводится эксперимент по обнаружению безнейтринного двойного бета-распада изотопа ^{76}Ge .

Один из важнейших вопросов современной физики – вопрос о наличии во Вселенной **скрытой массы**. Напомним, что динамика развития Вселенной существенно зависит от средней плотности вещества в ней. Если эта плотность меньше некоей критической величины, то наблюдаемое в настоящее время расширение Вселенной будет продолжаться бесконечно, если же больше, то расширение должно смениться последующим сжатием. Современная оценка плотности вещества (звезды, газ и т.д.) показывает, что она составляет всего несколько процентов от критической. В то же время ряд наблюдательных фактов и, в первую очередь, особенности вращения галактик указывают на то, что во Все-

ленной существует некая дополнительная масса, получившая название скрытой массы. Возможно, что эту недостающую массу составляют некие элементарные частицы, слабо взаимодействующие с веществом. По-видимому, они движутся с небольшими по сравнению со скоростью света скоростями, определяемыми вращением нашей галактики. Зарегистрировать их можно (за исключением некоторых случаев) по ядрам отдачи, образующимся в детекторе при взаимодействиях этих частиц. Поскольку энергия ядер отдачи невелика (до нескольких десятков КэВ) регистрация их возможна только в условиях очень низкого фона. В настоящее время в низкофоновых лабораториях проводится эксперимент по поиску частиц-кандидатов на скрытую массу с помощью полупроводниковых германиевых детекторов.

ГАЛЛИЙ-ГЕРМАНИЕВЫЙ
НЕЙТРИННЫЙ ТЕЛЕСКОП

Комплекс помещений галлий-германиевого телескопа, введенного в строй в 1984 г., расположен на расстоянии 3,5 км от устья штольни на глубине 4200 м водного эквивалента (около двух километров скального грунта). В экспериментальном зале комплекса объемом 8000 м³ размещены 10 реакторов, содержащих около 50 т металлического галлия в качестве мишени для солнечных нейтрино. Нейтрино, влетающие в галлий, способны вызвать реакцию:





Лабораторный корпус Баксанской нейтринной обсерватории

Образовавшийся германий нестабилен и распадается с периодом полураспада 11,4 дня, поэтому, измерив число распадов атомов ^{71}Ge , можно вычислить поток нейтрино от Солнца. В мишени из галлия приблизительно в течение месяца накапливаются атомы германия, образовавшиеся под действием солнечных нейтрино, которые затем извлекаются из мишени и, после ряда химических процедур, помещаются в пропорциональный счетчик, где и производится подсчет атомов ^{71}Ge .

Трудность этой работы можно себе представить, если сравнить число образовавшихся 10–15 атомов ^{71}Ge , и число атомов мишени – 10^{31} , из которой необходимо их извлечь. Оригинальная методика извлечения, разработанная в Институте ядерных исследований, не имеет аналогов в мире. Эксперимент проводится совместно с несколькими университетами в США и Лос-Аламосской национальной лабораторией.

К 1984 г. хлор-аргоновый солнечный нейтринный де-

тектор Девиса (США) проработал уже более 15 лет (Земля и Вселенная, 1967, № 4). Измеренный в этом эксперименте поток нейтрино от Солнца оказался почти в три раза ниже ожидаемого из предсказаний “стандартной солнечной модели”. Расчеты потока нейтрино с того времени многократно уточнялись по мере поступления новых данных как о Солнце, так и о сечениях реакций термоядерного синтеза. Расхождение между теорией и экспериментом Девиса, получившее название **“проблемы солнечных нейтрино”**, вызвало к жизни много гипотез, объясняющих проблему либо с точки зрения астрофизики, т.е. внутреннего строения Солнца, либо с точки зрения физики частиц, т.е. свойств нейтрино (Земля и Вселенная, 1974, № 4).

Здесь необходимо заметить, что относительно высокий порог чувствительности в эксперименте Девиса (0,82 МэВ) позволяет регистрировать только высокоэнергичную часть спектра солнечных нейтрино, ос-

новной вклад в которую вносят нейтрино, образующиеся в достаточно редком варианте термоядерного синтеза в недрах Солнца. Одно из промежуточных ядер в этом варианте – изотоп бора ^8B . Он превращается в изотоп бериллия ^8Be с испусканием позитрона и высокоэнергичного нейтрино. Этот цикл реакций синтеза критически зависит от температуры внутри Солнца ($\sim T^{18}$). Суть астрофизических подходов сводится к различным механизмам, приводящим к понижению температуры внутри Солнца и, как следствие, к уменьшению скорости образования ^8B .

Другое объяснение проблемы солнечных нейтрино – осцилляции, превращения нейтрино одного типа в нейтрино другого типа, которые в данном эксперименте не регистрируются. Очевидно, что было важно измерить поток нейтрино в низкоэнергетической части спектра, а именно, нейтрино, рождающиеся при синтезе дейтерия, энергия которых не превышает 0,42 МэВ. Порог регистрации нейтрино в галлий-германиевом эксперименте составляет всего 0,233 МэВ. Расчеты по стандартной солнечной модели показывают, что около половины событий в этом эксперименте будут вызываться нейтрино, испускаемыми при реакции основного цикла.

Измеренный в Баксане поток нейтрино составил 70 ЧНУ, где ЧНУ – **солнеч-**

ная нейтринная единица (Solar Neutrino Unit), введенная американским физиком Д. Бакалом, соответствующая одному захвату на 10^{36} атомов мишени в секунду. Близкий к этому результат получен в аналогичном Ga-Ge эксперименте, но по другой методике, который проводился в лаборатории Гран Сассо (Италия). Измеренная величина потока нейтрино — почти в два раза ниже ожидаемого из расчетов для галлий-германиевого метода регистрации солнечных нейтрино (137 CHU).

Для полноты картины необходимо рассказать еще и о японском эксперименте (Камиоканде), где измерение потока нейтрино проводится методом регистрации черенковского света от электронов, рассеянных нейтрино в водном объеме, но с существенно более высоким порогом чувствительности ($6,5 \text{ МэВ}$) (Земля и Вселенная, 1979, № 1, с. 13). Поток нейтрино, измеренный в этом эксперименте, также оказался ниже теоретически ожидаемого.

Совокупность результатов всех экспериментов не получила в настоящее время достоверного объяснения ни с точки зрения астрофизики, ни с точки зрения физики нейтрино. Таким образом, проблема солнечных нейтрино становится еще более интригующей. Очевидно, что для ее решения необходимо как продолжать имеющиеся эксперименты, так и ставить новые. Любопытно, что в хлор-аргоновом эксперименте была обнаружена антикорреляция между потоком солнечных нейтри-

но и активностью Солнца. Если такая зависимость действительно существует, крайне важно продолжать эксперименты в течение двух 11-летних солнечных циклов.

НАЗЕМНЫЕ УСТАНОВКИ

Первым действующим объектом обсерватории была установка “Ковер”, введенная в строй в 1973 г. Установка состоит из центральной части (400 сцинтилляционных детекторов, таких же, как в подземном телескопе) и шести выносных пультов. Она предназначена для регистрации жесткой компоненты космических лучей (мюонов) и широких атмосферных ливней, т.е. каскадов частиц, возникающих в атмосфере при взаимодействии входящих из космоса сверхвысоких энергий. Одно из интересных явлений, обнаруженных на ней — гигантское возрастание интенсивности космических лучей во время мощной солнечной вспышки 29 сентября 1989 г. Впервые наблюдались частицы солнечного происхождения с энергией по крайней мере 10^{10} эв.

Одной из актуальных задач, решаемых на подобных установках, является регистрация гамма-квантов сверхвысоких энергий от локальных источников. Приходящие гамма-кванты вызывают в атмосфере также каскады вторичных частиц, но с существенно меньшей долей ядерной компоненты и следовательно меньшей долей мюонов. Это обстоятельство используется для выделения каскадов частиц, вызванных

гамма-квантами. Для этой цели установка “Ковер” дополняется мюонным детектором площадью 700 м^2 .

В 1995 г. начала работу установка “Андырчи”, предназначенная для регистрации атмосферных ливней с энергией больше 10^{14} эв. Расположена на склоне горы над подземным сцинтилляционным телескопом. Она состоит из 37 сцинтилляционных детекторов, расположенных в шахматном порядке с расстоянием 40 м между детекторами. Совместная работа этой установки и сцинтилляционного телескопа, а именно, одновременная регистрация каскада частиц установкой “Андырчи” и мюона(ов) высокой энергии телескопом позволит получать более подробную информацию о взаимодействиях частиц сверхвысоких энергий.

Проводимые в Обсерватории эксперименты находятся на современном мировом уровне. Однако, наука не стоит на месте, и для того, чтобы продвигаться дальше, необходимо как развитие имеющихся экспериментов, так и постановка новых. В настоящее время имеются разработки новых, более чувствительных экспериментов по тематике Обсерватории, которые требуют достаточно крупных капиталовложений. Ученые надеются, что с улучшением экономической ситуации в стране будет уделяться больше внимания фундаментальным исследованиям и наша наука не потеряет позиции в тех направлениях, в которых она имеет в настоящее время приоритет.

I. Полеты автоматических межпланетных станций*

1. **“Лунар Проспектор”** (**“Lunar Prospector”, США**). 7 января 1998 г. в 2 ч 28 мин 44 с** с космодрома на мысе Канаверал стартовала новая американская ракета-носитель “Афина” (LMLV-2) с зондом “Лунар Проспектор”. Он стал четвертым аппаратом, после “HEAP” и марсианских станций, запущенных в рамках программы NASA “Discovery”. Их разработка обошлась намного дешевле, чем ранее созданные АМС.

Основные задачи программы: составление химико-минералогической карты поверхности, глобальное картографирование магнитного и гравитационного полей Луны и поиск водяного льда в затененных кратерах полярных областей. Программа полета рассчитана на один год исследований с полярной орбиты ИСЛ. Новые данные, полученные в ходе исследований, необходимы при планировании предстоящих экспедиций космических аппаратов к Луне.

Автоматическая станция “Lunar Prospector” (лунный разведчик, изыскатель) имеет форму цилиндра диаметром 1,42 м и длиной 1,25 м. Корпус покрыт солнечной батареей, вырабатывающей электроэнергию (мощностью 202 Вт). Аппарат снабжен микродвигателями для проведения коррекций на окололунной орбите, его положение в пространстве стабилизируется вращением. Сверху на корпусе расположены радиоантенна и звездные датчики ориентации. Чтобы изолировать чувствительные приборы от электромагнитно-

го поля аппарата, их разместили на трех выносных штангах длиной 2,4 м. Масса АМС вместе с запасом топлива составляет 295 кг. Зонд изготовлен фирмой “Lockheed Martin”. Разработкой технического проекта и созданием научной аппаратуры занимался Исследовательский центр им. Эймса (NASA). Научное и общее руководство проекта возложено на доктора А. Биндера.

Научная аппаратура станции была отобрана из ряда предложенных учеными NASA программ лунных исследований. На зонде “Лунар Проспектор” установлены 6 приборов: гамма-спектрометр (составление глобальной карты элементного состава поверхностного слоя Луны), нейтронный спектрометр (поиски водяного льда в полярных районах), спектрометр альфа-частиц (определение районов и уровня тектонического и вулканического газовыделения на

Луне), магнитометр и электронный рефлектометр (определение слабых магнитных полей с целью сбора данных о местах залегания руд) и измеритель орбитального полета – доплеровский гравитационный эксперимент (создание гравитационной карты и выявление природы лунного ядра). Открытие запасов лунного льда важно для предстоящих пилотируемых экспедиций и при создании лунных баз. Лед можно добывать на месте, используя кислород в системах жизнедеятельности и водород в качестве ракетного топлива.

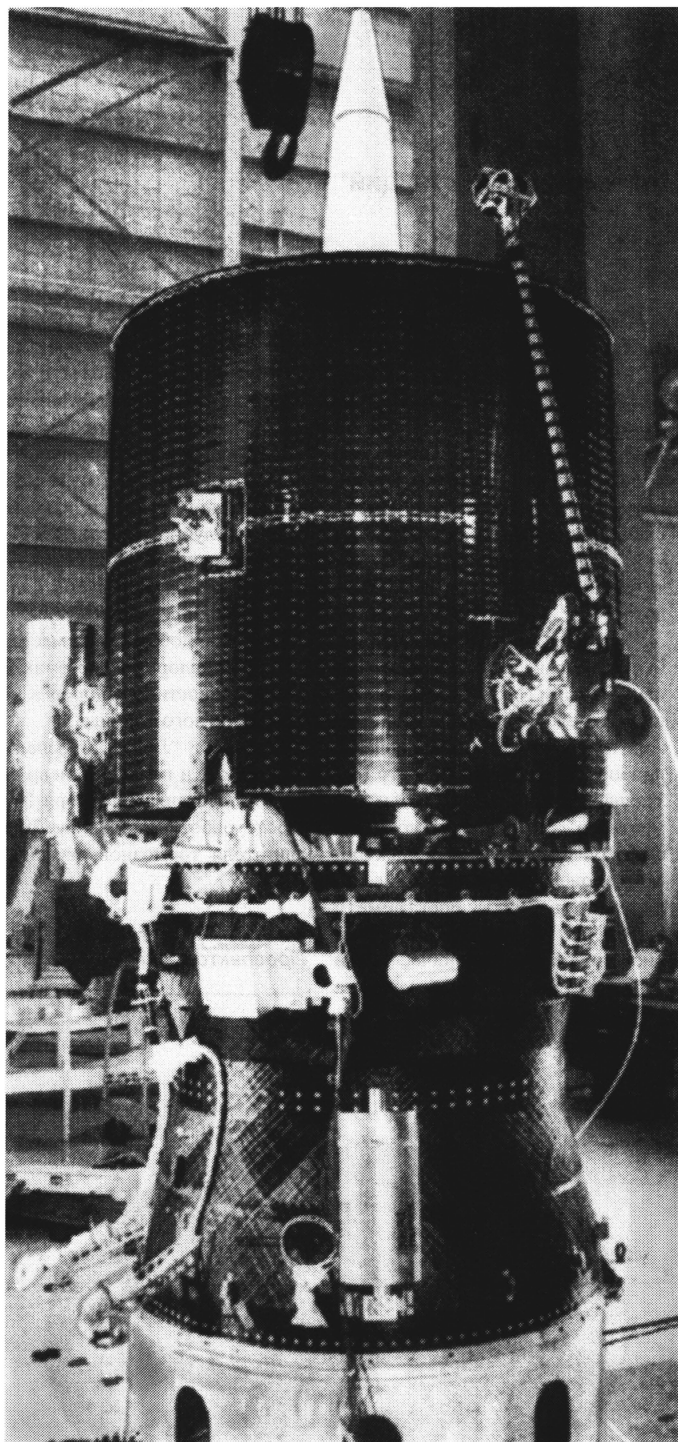
Перелет “Лунар Проспектор” занял 5 сут и первый маневр станция осуществила 11 января 1998 г. После работы в течение 30 мин двигателя тормозной ступени ра-

Эмблема программы “Лунар Проспектор” (NASA)



* Продолжение. Начало см.: 1995, № 5; 1996, № 3; 1997, № 4.

** Здесь и далее дано время по Гринвичу.



Монтажные работы по установке зонда "Лунар Проспектор" на ракету-носитель "Афина" при подготовке к запуску

кеты аппарат вышел на начальную эллиптическую селеноцентрическую орбиту с периодом обращения 12 ч. На следующий день была проведена первая коррекция

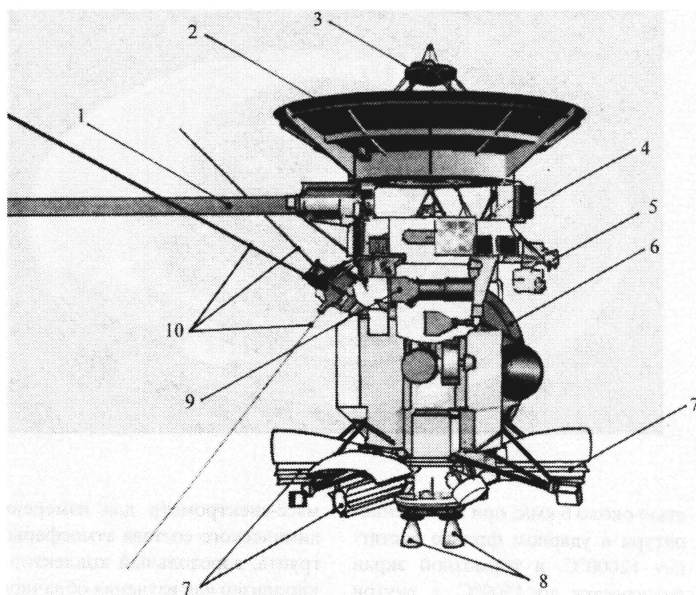
орбиты, и период обращения уменьшился до 4 ч. 15 января 1998 г. зонд вышел на рабочую круговую орбиту (высота 100 км, период обращения 118 мин и наклонение 90°). С этого момента начался основной цикл научных исследований.

Аппарат будет удерживаться с помощью коррекций на заданной орбите. Если запаса топлива хватит более чем на год, то картографирование лунной поверхности будет продолжаться на орбите высотой 50 км в течение еще нескольких месяцев. Затем предполагается проводить исследования с эллиптических орбит высотой до 10 км над несколькими районами, представляющими особый интерес. Экспедиция "Лунар Проспектор" завершится после исчерпания запасов топлива. Аппарат упадет на лунную поверхность, доставив туда прах известного американского астронома Ю. Шумейкера (Земля и Вселенная, 1998, № 1, с. 106).

2. "Кассини" ("Cassini", NASA-ESA). 15 октября 1997 г. в 8 ч 43 мин со стартового комплекса на мысе Канаверал состоялся запуск ракеты-носителя "Титан-4Б" с АМС "Кассини" (Земля и Вселенная, 1998, № 1, с. 111). Этот международный проект стал самым амбициозным и дорогим (3,3 млрд долларов) за всю историю NASA. Станция пройдет путь в 3,5 млрд км за 6 лет 7 месяцев, прежде чем достигнет цели экспедиции – системы Сатурна. Программа рассчитана на детальное изучение Сатурна и его спутника Титана с орбиты искусственного спутника Сатурна в течение четырех лет (до июля 2008 г.).

Еще в 1979 г. в Лаборатории реактивного движения (NASA) были проведены первые испытания макетов орбитального аппарата и посадочного зонда для изучения Сатурна. В 1982 г. европейские ученые предложили совместную с NASA программу. На базе универсальной тяжелой космической платформы "Mariner-Mark II" в 1984-86 гг. прорабатывались проекты двух КА – "CRAFT" (встреча с кометой и пролет вблизи астероида) и "Cassini" (изучение системы

Космический аппарат "Кассини" (NASA-ESA): 1 – штанга магнитометра (длина 11 м), 2 – параболическая антенна "высокого усиления" (диаметр 4 м), 3 – радиоантенна "низкого усиления", 4 – отсек радиолокатора, 5 – платформа с приборами для изучения в окрестностях Сатурна электромагнитного и гравитационного полей, заряженных и пылевых частиц, 6 – атмосферный зонд "Гюйгенс", 7 – радиоизотопные термоэлектрические генераторы системы энергоснабжения, 8 – корректирующая двигательная установка (основной и дублирующий ЖРД), 9 – платформа с фотосъемочными камерами, 10 – антенны спектрометров радио- и плазменных волн



Сатурна). AMC "CRAF" предполагалось запустить в январе 1991 г. (Земля и Вселенная, 1990, № 4, с. 47-50; 1990, № 6, с. 81). Однако финансирование проектов началось только в 1990 г., поэтому утвердили лишь "Cassini". Новый вариант программы предусматривал запуск КА в апреле 1996 г. В конце 1992 г. проект "Кассини" еще раз пересмотрели. Создание AMC по новому проекту проводилось в период 1993–97 гг.

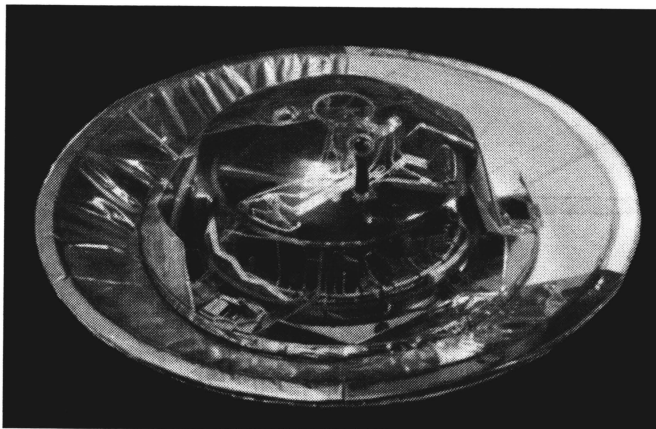
АМС "Кассини" – цилиндрической формы, в верхней и нижней части расположены модули служебных систем, в средней – двигательный отсек. Диаметр корпуса – около 3 м (диаметр параболической радиоантенны – 4 м), длина – 6,8 м, в том числе с антенной "высокого усиления" – 10,7 м, длина штанги магнитометра – 11 м. Сверху на корпусе установлены радиоантенны "высокого усиления" диаметром 4 м, а в ней расположена антенна "низкого усиления". В верхнем модуле находятся 12 отсеков с электроникой, на корпусе установлены научные приборы и выдвижная штанга магнитометра. В средней части размещены две платформы с фотокамерами, 7 научных инструментов и зонд "Гюйгенс", упакованный в многослой-

ную теплоизоляцию. В нижней части расположены три радиоизотопных термоэлектрических генератора (РТГ), закрытые противорадиационной защитой, и два ЖРД корректирующе-тормозной двигательной установки.

Станция снабжена двумя запасающими устройствами хранения информации емкостью по 2 Гбит и двумя компьютерами системы ориентации и управления с таким же объемом памяти. Ориентация КА осуществляется по трем осям, возможен режим сканирования. Радиосистема включает передатчик мощностью 20 Вт и обеспечивает передачу данных с орбиты Сатурна со скоростью 190 кбит/с, параболическую антенну "высокого усиления" и две антенны "низкого усиления". Радиоантенна "высокого усиления" предназначена не только для связи с Землей, но и для радиолокации поверхности Титана. До вхождения в пояс астероидов (февраль 2000 г.) связь будет осуществляться через антенну "низкого усиления", а затем, после разворота АМС, через радиоантенну "высокого усиления". Во время долгого перелета температуру в различных частях станции будут поддерживать 82 радиоизотопных нагревателя системы тер-

морегулирования. Источником энергоснабжения служат три РТГ, работающие за счет распада плутония-238 (масса 32,9 кг). Блоки генераторов вырабатывают электроэнергию 885 Вт. Для осуществления маневров у "Кассини" есть двигательная установка, состоящая из основного и дублирующего ЖРД, 16 микродвигателей управления и баков с топливом массой 3132 кг. Большая часть корпуса станции и приборов укрыты теплоизоляцией, содержащей 26 слоев, позволяющих защищать и от микрометеоритов.

Зонд "Гюйгенс", созданный Европейским центром космической технологии и исследований в Нордвейке (Голландия) компании "Aerospatiale" (Франция), прошел сборку и испытания на фирме "Dornier SS" (ФРГ). Сбрасываемый аппарат имеет форму диска диаметром 2,7 м, толщину около 1 м и массу 320 кг. В его составе – лобовой тормозной экран, хвостовая крышка, посадочный аппарат, парашютная система, радиопередатчики и устройство отделения от "Кассини". Лобовой экран покрыт слоем теплоизоляции, защищающим посадочный аппарат во время торможения в атмосфере Титана. Зонд входит в атмосферу со скоро-



Посадочный аппарат "Гюйгенс" (ESA) для изучения атмосферы Титана

стью около 6 км/с, при этом температура в ударном фронте достигнет 12000°C, и тормозной экран разогреется до 1500°C, а внутри отсека будет поддерживаться температура не выше +50°C.

АМС "Кассини" обладает массой 2125 кг (без топлива и зонда "Гюйгенс"), ее стартовая масса – 5712 кг, а масса после отделения от ракеты-носителя составила 5577 кг. Орбитальный отсек несет научную аппаратуру массой 365 кг.

На "Кассини" установлено 12 научных приборов, на "Гюйгенсе" – 6. Состав научного оборудования: две фотокамеры (для съемок в видимом, УФ- и ИК-диапазонах), радиосистема поиска гравитационных волн и изучения атмосферы, масс-спектрометры по исследованию магнитосферы и ионосферы Сатурна, ИК-спектрометры для картирования химического состава атмосферы, поверхности спутников и колец, спектрометр для изучения плазмы, радиоизлучений и пыли, плазменный спектрометр для измерения состава, плотности, скорости и температуры плазмы в магнитном поле Сатурна, УФ-спектрограф для изучения структуры и химического состава атмосфер и колец, анализатор космической пыли и двойной магнитометр для измерения магнитного поля Сатурна, его взаимодействия с солнечным ветром. На зонде "Гюйгенс" размещены приборы: фотокамера, радиометр измерений концентрации газов и частиц в атмосфере, газовый хроматограф и

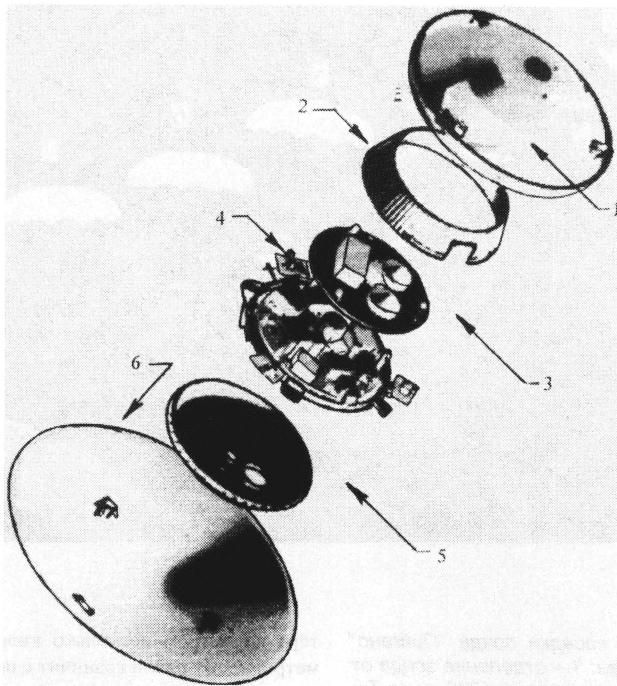
масс-спектрометр для измерения химического состава атмосферы и грунта, аэрозольный коллектор и пиролизер для изучения облачного покрова, аппаратура для исследования структуры и физических свойств атмосферы Титана. При парашютном спуске в атмосфере Титана определяются ветровые потоки, а на поверхности – физические свойства грунта. Научная программа предусматривает 18 экспериментов, подготовленных 250 учеными из США и 16 стран Европы. Программа включает определение свойств облачности и состава атмосфер Сатурна и Титана, измерение тепловых потоков, магнитного поля и ионосферы, получение данных о внутреннем строении и топографии поверхности Титана и других спутников, о конфигурации и динамических процессах в структуре колец. Научные руководители проекта: доктор Д. Мэтсон (со стороны NASA) и доктор Ж.-П. Лебретон (от ESA).

Предусмотрено выполнение нескольких пертурбационных маневров: двух около Венеры – 26 апреля 1998 г. (на высоте 300 км) и 23 июня 1999 г. (на высоте 1530 км), в 800 км над Землей 17 августа 1999 г. и на расстоянии 9,65 млн км от Юпитера 30 декабря 2000 г. За два года до прибытия к Сатурну (июль 2004 г.) будет включена научная аппаратура. 1 июля 2004 г. КА выполнит тормозной импульс в течение 94 мин с помощью двигательной установки и затем выйдет на первоначальную орбиту искусст-

венного спутника Сатурна (высота 78 тыс. км × 10 млн 600 тыс. км, период обращения 147 сут, наклонение 17°). С целью обеспечения попадания на Титан посадочного зонда "Гюйгенс" 12 сентября 2004 г. станция произведет маневр подъема перицентра до 490 тыс. км и уменьшения наклонения орбиты.

6 ноября 2004 г. на расстоянии 1270 км от Титана с АМС "Кассини" будет сброшен аппарат "Гюйгенс". После автономного полета к Титану 27 ноября 2004 г. зонд войдет в его атмосферу со скоростью 6,1 км/с. Аппарат выполнит баллистический спуск и торможение. При скорости около 400 м/с сбрасывается задняя крышка и выйдет вытяжной парашют диаметром 2 м. Затем на высоте около 170 км при скорости более 100 м/с раскроется основной парашют диаметром 8,3 м, одновременно сбрасываются тепловая защита и лобовой тормозной экран. Во время парашютного спуска приборы зонда должны измерить параметры атмосферы Титана. После прохождения облачных слоев фотокамерой снимут панораму поверхности с высоты 150–160 км. Аккумуляторные батареи аппарата рассчитаны на работу в течение 153 мин, чтобы успеть за это время достичь поверхности, продолжительность парашютного спуска ограничили 15 мин. При скорости 40 м/с отстреливается основной и выходит посадочный парашют диаметром 3 м. Он обеспечивает спуск с высоты около 100 км до поверхности. С высоты 300 м и до касания поверхность Титана будет освещена прожектором зонда с целью изучения химического состава грунта. Посадка должна произойти через 2,5 ч после входа в атмосферу. Скорость посадки – около 7 м/с, при этом перегрузка достигнет 16 g. По предварительной оценке, давление на поверхности Титана составит 1,6 атм,

Устройство зонда "Тюйгенс": 1 – задняя крышка для защиты аппаратуры, 2 – конус-переходник, 3 – верхняя платформа с парашютной системой, 4 – средняя панель с научной аппаратурой, 5 – переднее посадочное днище, 6 – лобовой тормозной экран с теплозащитным покрытием



а температура – $-180 \div 200^\circ\text{C}$. Спускаемый аппарат может сесть на твердую поверхность (или приводниться – он снабжен системой удержания на плаву). Даже трех минут отведенного времени должно хватить, чтобы передать основные сведения о Титане, в том числе предполагается сделать более 500 снимков облаков и поверхности. Вся информация с "Тюйгенса" будет приниматься орбитальным отсеком "Кассини", а затем ретранслироваться на Землю.

За четыре года орбитального полета "Кассини" сделает 74 оборота вокруг Сатурна, из них 45 витков будут включать пролеты около Титана на расстоянии до 950 км. Это позволит выполнить радиолокационную съемку около 50% поверхности спутника. КА пролетит и вблизи других спутников – Япета, Энцеллада, Дионы и Реи. За счет постоянного проводимых коррекций "Кассини" сможет провести комплекс исследований спутников и колец Сатурна. Изменяя наклонение орбиты, КА сможет изучать не только экваториальные, но и полярные области атмосферы планеты.

28 мая 2008 г. станция выполнит последний пролет около Титана в рамках основной программы, заканчивающейся 1 июля 2008 г. Возможно, работа "Кассини" будет продлена еще на 1,5 года, чтобы завершить картографирование всей поверхности Титана.

К началу 1998 г. все системы "Кассини" работают отлично. Скорость относительно Солнца составляет около 26 км/с, расстояние до Земли – более 20 млн км.

3. **"Марс Патфайндер"** ("МПФ") ("Mars Pathfinder", США) запущен 4 декабря 1996 г.

После 7 месяцев перелета, 4 июля 1997 г. АМС достигла окрестностей Марса. На трассе полета успешно выполнены 4 коррекции и предпосадочная проверка аппарата и марсохода. За полчаса до входа в атмосферу Марса отделилась перелетная ступень.

Станция вошла в атмосферу со скоростью 7,4 км/с, под углом $13,9^\circ$ к горизонту. Все операции спуска (4,5 мин) прошли по программе. При ударе о поверхность Марса скорость аппарата достигала 18 м/с. На четырех надувных амортизаторах в течение 2,5 мин посадочный аппарат сделал 14–15 прыжков (высотой до 15 м) и преодолел путь около 1 км от места касания. Затем он некоторое время еще катился и, наконец, "улегся" на поверхности. Через 3 мин поступил сигнал об успешной посадке "МПФ". Это произошло 4 июля 1997 г. в 17 ч 07 мин 25 с (около 3 ч утра по местному марсианскому времени) в расчетном районе Долины Ареса с координатами: $19,33^\circ$ с.ш. и $33,55^\circ$ з.д. В месте посадки температура была -53°C , давление 6,7 мбар (0,006 атм), дул слабый ветер.

Через 90 мин после посадки "МПФ" втянул под себя амортизаторы и полностью развернул три лепестка-опоры с солнечными батареями. Чтобы начать работу, необходимо было зарядить аккумуляторы от солнечных батарей. Поэтому 3 ч ушло на ожидание восхода Солнца. Спустя почти 6 ч после посадки началась передача научной информации, а через 2 ч получена первая панорама поверхности. Оказалось, что два мешка-амортизатора не убрались полностью под днище аппарата и мешали сходу марсохода. Для освобождения трапов марсохода предприняли попытку приподнять накрытый лепесток-опору на 45° и затем опустить его вновь. Эта операция заняла почти 2 ч. Из-за сбоя в работе Центра дальней космической связи новую панораму удалось получить только к концу марсианского дня. Поэтому сход марсохода перенесли на следующий день. На панорамах небо на горизонте выглядело красновато-коричневым, а около посадочной станции песчаная пустыня с разбросанными вокруг множеством камней красно-зеленоватого цвета.

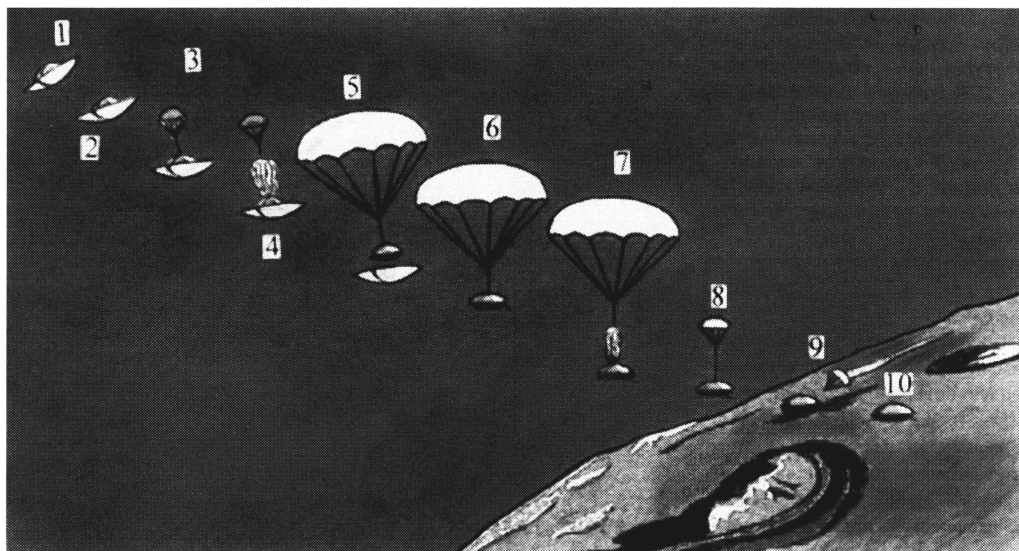


Схема посадки зонда "Тюинген" на Титан: 1 – отделение зонда от КА на расстоянии 1270 км от Титана, 2 – начало торможения в атмосфере на высоте 300–250 км, 3 – сброс задней крышки и раскрытие вытяжного парашюта на высоте 190–170 км, 4 – раскрытие основного парашюта на высоте около 160 км, 5 – спуск на основном парашюте и сброс лобового экрана, 6 – продолжение спуска до высоты 140 км, 7 – отделение основного парашюта на высоте 140–110 км, 8 – раскрытие посадочного парашюта на высоте 130–100 км, 9 – посадка приборного отсека на поверхность Титана, 10 – выполнение научных исследований на Титане

"МПФ" сел на равнине в 30 км южнее большого горного пика и в 3–4 км к северо-западу от края кра-

тера диаметром несколько километров. Этот район граничит с некогда находившимся здесь обширным озером. Возможно когда-то в течение двух недель ледяная плотина прорвалась и гигантские водные потоки залили долину, унеся с собой тонны скальных пород и размыв ее.

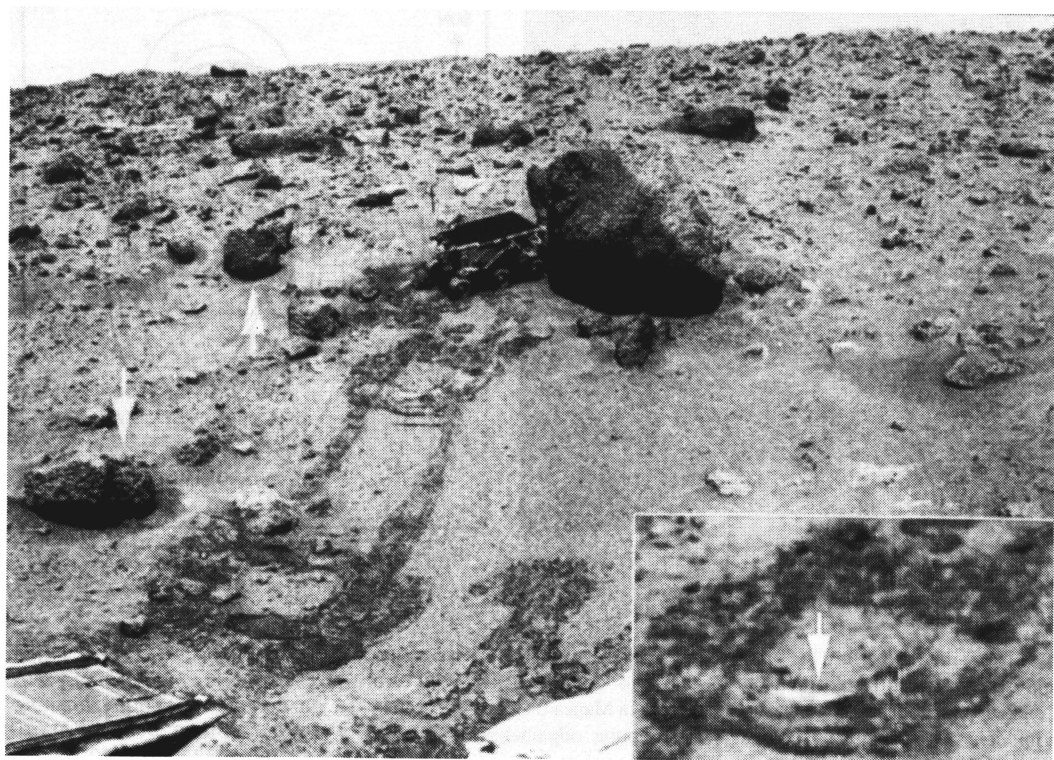
5 июля обнаружили неполадки в радиосвязи между марсоходом и посадочным аппаратом. Только через 7 ч после начала работы группа управления смогла устранить помехи и затем по командам с Земли опустили трапы. Спустя 3 ч марсоход развернулся, поднявшись на колесах, и увеличился в высоту до 30 см. Еще через 3 ч "Соджнер" сошел по трапу на поверхность. Перед окончанием работы в этот день, станция успела передать снимок марсохода, стоящего в нескольких сантиметрах от края тра-

па и в 10 см от ближайшего камня.

В течение первой недели работы "Соджнер" обследовал ближайшие от посадочной станции крупные камни размерами 20–40 см ("Билл-в-ракушках", "Йоги", "Плоская Вершина", "Каспер", "Акула", "Клин" и "Утиный Клюв"). Исследованную местность рядом с "МПФ" стали называть "Сад камней". Здесь марсоход (ровер) перемещался со средней скоростью 1 см/с и проходил за день

Панорама поверхности Марса в месте посадки спускаемого аппарата "Марс Патфайндер", переданная им в конце июля 1997 г. На переднем плане – лепестки-опоры, сходни и сдутая оболочка амортизаторов. На заднем плане – марсоход "Соджнер" около одного из изучаемых камней





Марсоход в "Саду камней" около крупного камня "Йог", также стрелками указаны камни "Клюв" и "Колыбель", к которым он подъезжал для проведения исследований (видны следы колес). Справа стрелкой показан обнажившийся слой светлого грунта в месте разворота марсохода

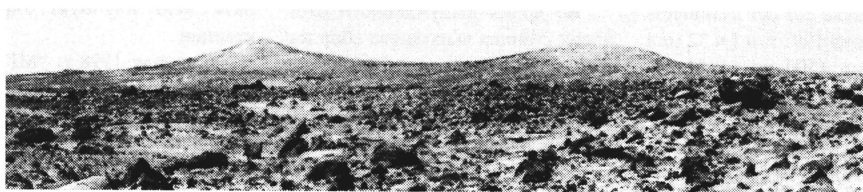
около 2 м. Он надолго останавливался, чтобы провести стереосъемку или минералогический и химический анализ пород. До 12 июля (расчетного срока работы ровера) "Содженер" отошел от аппарата на 7 м и выполнил сложные маневры, преодолевая препятст-

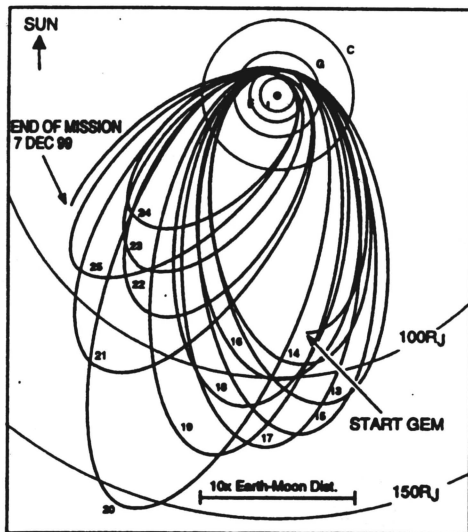
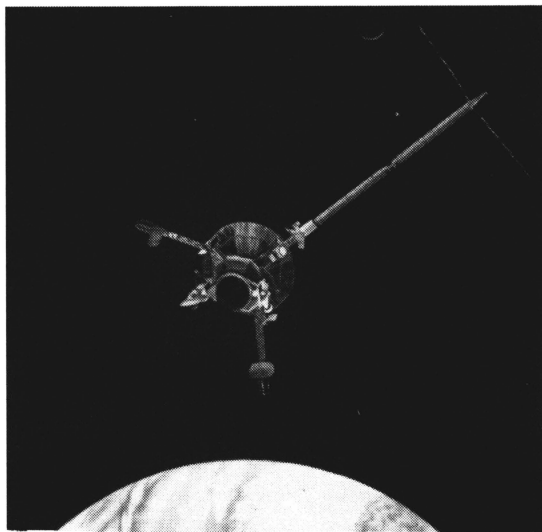
вия. Он передал около 40 стереопар фотографий и результаты изучения грунта. Посадочная станция передала в общей сложности 100 Мбит информации (со скоростью до 8500 бит/с) и более двух тысяч снимков поверхности, а также спутников Фобоса и Деймоса. Выполнены комплексные метеонаблюдения. Погода летнего сезона в Долине Ареса оказалась довольно устойчивой: колебания температуры от -12 до -76°C , атмосферное давление 6,74 мбар, легкий северо-западный ветер, влажность отсутствовала; видимость достигала 30 км.

"МПФ" функционировал в течение 84 сут, до наступления марсианской осени. Когда ночная тем-

пература понизилась до -90°C и усилился ветер, ухудшилась видимость из-за большого количества пыли. Последний успешный сеанс передачи информации состоялся 27 сентября. Затем связь стала пропадать и последний сигнал от "МПФ" пришел 7 октября 1997 г. План работы аппарата превышен в три раза, а "Содженера" в 12 раз. Дополнительная программа марсохода предусматривала с 6 октября путешествие вокруг станции

Одна из последних панорам, переданных КА "Марс Патфайндер" в сентябре 1997 г. Вдали видны две сопки "Твин-Пикс" высотой около 80 м, расположенные в 800 м от станции





6

(протяженность 50 м). По заложенной в бортовой компьютер “Содженера” программе, видимо, он продолжает движение в окрестности “МПФ” в ожидании новых команд. Перемещение марсохода будет продолжаться до тех пор, пока функционируют его солнечные батареи. Оба аппарата находятся в работоспособном состоянии. По утверждению руководителя проекта Б. Мьюхеда, в течение 1998 г. будут предприниматься попытки восстановить связь со станцией.

Результаты экспедиции “МПФ”: передано 2,6 млрд бит информации о метеоусловиях и химическом составе грунта (выполнено 15 анализов пород), более 16 тыс. фотографий с посадочной станции и 550 изображений (в том числе стереоснимков) с марсохода. Экспедиция стала самой успешной со времени работы “Викингов” в 1976-82 гг.

4. “Марс глоубэл сервейер” (“МГС”). (“Mars Global Surveyor”), США, запущен 7 ноября 1996 г. После 308 сут путешествия 12 сентября 1997 г. в 1 ч 32 мин на расстоянии 1500 км от Марса был включен основной ЖРД “МГС”. Он проработал 22 мин, израсходовав 280 кг топлива, и затормозил станцию на 973 м/с. В результате маневра она снизила ско-

рость до 4,1 км/с и перешла на начальную орбиту искусственного спутника Марса (высота 250×54026 км, период обращения 45 ч). 16 сентября после второго тормозного импульса высота перигея орбиты снизилась до 150 км. Это позволило начать аэродинамическое торможение во время прохождения верхних слоев атмосферы. Через два дня снова был включен двигатель, и высота перигея орбиты уменьшилась до 128 км.

17 сентября АМС регулярно осуществляла торможение в атмосфере Марса, постоянно уменьшая высоту апогея орбиты. Однако, 6 октября на 15-м витке при прохождении перигея были замечены нерасчетные вибрации одной из панелей солнечных батарей, той, которую не удалось полностью развернуть. Руководитель проекта Г. Каннингем сообщил, что в ближайшие полгода “МГС” не будет проводить аэродинамического торможения из-за опасения повредить батарею.

Во время вынужденного ожидания станция выполняла сбор информации – измерялись магнитное поле, температура и толщина атмосферы, выполнены первые снимки планеты. 7 ноября вновь возобновлены тормозные коррекции для снижения орбиты. 11 нояб-

а) орбитальный аппарат “Галилей” – искусственный спутник Юпитера, б) схема орбитального полета “Галилея” вокруг Юпитера с 7 декабря 1997 г. по 7 декабря 1999 г. Пронумерованы последовательно выполняемые КА витки. Стрелками указаны начало и конец программы исследований, направление на Солнце (вверху). Даны орбиты “галилеевых” спутников – Каллисто (С), Ганимеда (G), Ио (I) и Европы (E), а также масштаб в радиусах Юпитера (100 и 150 RJ) и десятикратное расстояние от Земли до Луны (внизу)

ря “МГС” начала плавный переход с орбиты высотой 125×44400 км к круговой рабочей орбите высотой 400 км. Таким образом, перенесено выполнение научной программы до марта 1999 г., когда начнется картографирование поверхности. За это время ученые надеются точно соориентировать и опробовать всю научную аппаратуру станции.

К началу 1998 г. “МГС” находился на орбите ИСМ с параметрами: высота 122×32400 км, период обращения 23 ч и наклонение 35° . Расстояние до Земли составляло 322 млн км.

5. **“HEAP” (“NEAR”), США**, запущен 17 февраля 1996 г. 27 июня 1997 г. АМС пролетела на расстоянии около 1200 км от поверхности астероида Матильда. “HEAP” стал первым аппаратом, совершившим самую близкую встречу с углеродсодержащим космическим телом, и за 25 мин исследованием передал цветные снимки Матильды. Этот астероид – неправильной формы со средним диаметром 52 км. Его поверхность покрыта кратерами, некоторые из них достигают диаметра 2 км.

17 ноября 1997 г. провели 9-ю коррекцию полета “HEAP” с целью встречи с астероидом Эрос. 23 января 1998 г. станция выполнила маневр около Земли, пролетов около нее на расстоянии 537 км. Это позволило перейти в плоскость орбиты Эроса. Следующий маневр планируется на 20 декабря 1998 г. За ним последуют еще три маневра, чтобы уравнивать скорость “HEAP” со скоростью Эроса. 10 января 1999 г. аппарат должен пролететь около астероида со скоростью 5 м/с и затем выйти на орбиту вокруг него.

6. **“Галилей” (“Galileo”), США**, запущен 19 октября 1989 г. 7 декабря 1997 г. АМС закончила основную программу на орбите искусственного спутника Юпитера. К этому времени “Галилей” последовательно совершил пролеты вблизи Каллисто 25 июня и 17 сентября 1997 г., а 6 ноября 1997 г. – на расстоянии 2042 км около Европы. До конца 1997 г. продолжалась передача информации об этих спутниках и изображения. В ноябре выполнены наблюдения плазменного тора Ио, деталей атмосферы Юпитера и поверхности Каллисто, а также малых спутников – Тебы, Амальтеи, Адрастеи и Метиса.

16 декабря 1997 г. на 12-м витке проведена коррекция орбиты при встрече с Европой. После баллистического маневра “Галилей” приступил к выполнению дополнительной программы, рассчитанной до декабря 1999 г.; станция совершит к этому времени еще 13 оборотов на орбите ИСЮ. Предполагается выполнить 8 близких пролетов около Европы, четыре встречи с Каллисто и две с Ио. 29 марта и 31 мая 1998 г. долж-

ны состояться 14-й и 15-й пролеты вблизи Европы. В начале 1998 г. аппарат находился на расстоянии 5 а.е. (750 млн км) от Земли, и сигнал к нам шел в течение 41 мин.

7. **“Улисс” (“Ulysses”) (Одиссей), ESA–NASA, запущен 7 октября 1990 г.** Станция продолжает сбор информации о Солнце и окосолнечном пространстве. Работает большинство научных приборов. “Улисс” приближается к афелию орбиты искусственного спутника Солнца (он достиг его 17 апреля 1998 г. на расстоянии 5,4 а.е. от светила).

8. **“Вояджер-1/2” (“Voyager-1/2”), США, запущены 5 сентября и 20 августа 1977 г.** Оба аппарата продолжают передавать научные данные с границы Солнечной системы. Изучаются заряженные и пылевые частицы, магнитное поле хвоста гелиосферы. Все системы станций работают штатно. К началу 1998 г. “Вояджеры” находились соответственно на расстоянии от Земли – 10,27 и 7,99 млрд км, их гелиоцентрические скорости – 17,3 и 16,8 км/с.

9. **“Пионер-10” (“Pioneer-10”), США, запущен 3 марта 1972 г.** 31 марта 1997 г. закончилась беспрецедентная 25-летняя экспедиция АМС “Пионер-10”. Последний сигнал от нее принят с расстояния 10 млрд км. Завершающий сеанс связи продолжался 6 ч, при этом радиосигнал со станции до Земли шел более 9 ч! Основная причина прекращения работы с КА – уменьшение мощности бортового источника энергоснабжения. К этому времени из 11 научных приборов остался работоспособным лишь один. “Пионер-10” станет первым искусственным телом, покинувшим пределы Солнечной системы. Закончилась целая эпоха “Пионеров” (ранее, в ноябре 1995 г. прекратилась работа с “Пионером-11”), передавших первые сведения о планетах-гигантах.

“Пионер-10” направляется в сторону Альдебарана. Это звезда в созвездии Тельца находится на расстоянии 68 св. лет от Солнца, которое АМС может преодолеть за 2 млн лет. За то время аппарат пролетит мимо 10 звезд на расстояниях от 3 до 9 св. лет.

К корпусу АМС прикреплена позолоченная пластинка размером

23×15 см с известным рисунком, придуманным Ф. Дрейком и К. Саганом. Это послание землян к иным мирам.

II. Программа “Спейс Шаттл”: хроника полетов*

В конце 1997 г. состоялись два полета кораблей многоразового использования “Спейс Шаттл” по программам STS-86 и -87.

Седьмой полет корабля **“Атлантик” (STS-86)** с программой стыковки с ОК “Мир” начался 27 сентября 1997 г. в 19 ч 58 мин. На борту “Атлантика” находились модуль “Spacelab DM”, а на открытой платформе – контейнеры для проведения 35 экспериментов. Научная программа предусматривала 6 направлений исследований – перспективные технологии, космическая биология и медицина, геофизика, микрогравитационные эксперименты и отработка методик уменьшения риска при сборке Международной космической станции (МКС). В программу полета включены также 24 дополнительных испытательных задания.

Масса транспортной системы на старте – 2047,6 т, в том числе стартовая масса корабля – 114 т, при посадке масса “Атлантика” составила 97 т. Масса всех грузов в корабле – 9,3 т, в том числе модуля “Spacelab DM” – 6,5 т.

В состав международного экипажа “Атлантика” вошли: командир – капитан 1-го ранга ВМФ США Джеймс Уэзерби (James D. Wetherbee) (4-й полет, 223-й астронавт мира, 134-й астронавт США), пилот – майор ВВС США Майкл Блумфилд (Michael J. Bloomfield) (1-й полет, 364-й астронавт мира, 229-й астронавт США), 1-й специалист полета – полковник ВВС России Владимир Георгиевич Титов (4-й полет, 118-й астронавт мира, 54-й космонавт СССР/РФ), 2-й

* Продолжение. Начало см.: 1993, №№ 2, 3; 1994, № 5; 1995, №№ 2, 4, 5; 1996, №№ 1, 3, 6; 1997, № 4; 1998, № 1.



Экипажи корабля "Атлантис" (STS-86) и ЭО-24 на борту станции "Мир", слева направо: М. Блумфилд, В. Лоренс, М. Фоул, Д. Узэрби, Ж.-Л. Кретьен, Д. Вулф, В. Титов, А. Соловьев, С. Паразински и П. Виноградов

специалист полета, бортинженер – доктор Скотт Паразински (Scott E. Parazynski) (2-й полет, 320-й астронавт мира, 202-й астронавт США),

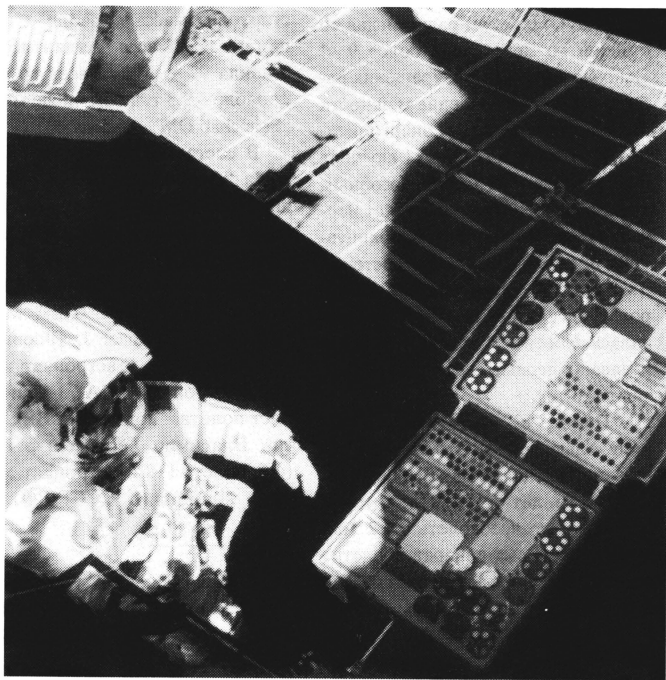
3-й специалист полета – бригадный генерал ВВС Франции Жан-Лу Кретьен (Jean-Loup Chretien) (3-й полет, 108-й астронавт мира, 1-й

астронавт Франции), 4-й специалист полета – капитан 2-го ранга ВМФ США Венди Лоренс (Wendy V. Lawrence) (2-й полет, 324-й астронавт мира, 206-й астронавт США) и 5-й специалист полета, бортинженер-2 – доктор Дэвид Вулф (David A. Wolf) (2-й полет, 303-й астронавт мира, 191-й астронавт США).

Корабль вышел на орбиту с параметрами: высота 379×393 км, наклонение 51,65° и период обращения 92,2 мин. **Стыковка** с комплексом "Мир" проведена 27 сентября 1997 г. в 19 ч 58 мин. На станцию доставлены грузы общей массой 2560 кг, из которых 500 кг – американская аппаратура. Среди российских грузов – новый комплект бортовой ЭВМ, 9 аккумуляторных батарей вместо потерянных в модуле "Спектр", баллоны с воздухом и водой, питание. После стыковки состоялся праздничный ужин обеих экипажей и обмен подарками.

Во время совместного полета астронавты выполнили насыщенную программу в модуле "Spacelab", а также фотографировали станцию "Мир". Переносом грузов занимались А. Соловьев, П. Виноградов, В. Титов и С. Паразински. Д. Вулф проводил эксперименты в биомедицинской установке, а также принимал вахту на "Мире" от М. Фоула.

1 октября В. Титов и С. Паразински вышли в открытый космос в американских скафандрах. Они сняли со стыковочного отсека



Российский космонавт В. Титов во время работы в открытом космосе 1 октября 1997 г. Он снимает с корпуса станции "Мир" панель с образцами материалов, находившихся длительное время в космосе

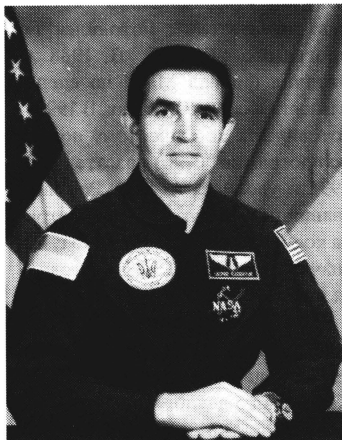
“Мира” четыре панели с образцами материалов и аппаратуру. Панели длительное время (с марта 1996 г.) находились в открытом космосе для изучения микрометеоритной обстановки вокруг станции. Последней операцией выхода стали испытания установки аварийного возвращения астронавта “SAFER”, впервые опробованной в полете STS-64. Выход продолжался 5 ч 01 мин.

Совместная работа экипажей в течение 6 сут завершилась пресс-конференцией и переносом на борт “Атлантиса” возвращаемых на Землю грузов массой 1250 кг. После перехода астронавтов в корабль 3 октября в 17 ч 28 мин проведена расстыковка, а затем облет ОК “Мир” (чтобы попытаться найти места негерметичности на модуле “Спектр”). В течение трех часов на расстоянии около 70 м “Атлантис” находился вблизи станции. После этого корабль выполнил маневр ухода и снизил высоту орбиты полета.

В оставшиеся дни экипаж завершил программу экспериментов в модуле “Spacehab”. **Посадка** корабля произведена **6 октября 1997 г.** в 21 ч 55 мин 09 с во Флориде. 20-й полет “Атлантиса” продолжался 10 сут 19 ч 47 мин 50 с. Длительность полета М. Фоула в составе 23-й основной экспедиции на ОК “Мир” составила 144 сут 13 ч 47 мин 21 с. Д. Вулф остался на станции в экипаже 24-й основной экспедиции до февраля 1998 г.

19 ноября 1997 г. в 19 ч 46 мин стартовал корабль “Колумбия” с международным экипажем на борту. Он стал 88-м полетом по программе “Спейс Шаттл”. Через 45 мин после запуска “Колумбия” вышла на орбиту с параметрами: высота 279×286 км, наклонение 28,47° и период обращения 90 мин.

Научная программа STS-87 предусматривала проведение серии технологических и геофизических экспериментов на аппаратуре, установленной в грузовом отсеке. Там же размещались возвращаемый астрономический спутник “Spartan-201” и малый КА для внешнего осмотра корабля.



*Первый украинский космонавт
Леонид Каденюк*

Четвертый раз применяется в полете комплект аппаратуры для микрогравитационных исследований USPM. В комплект входили: печь для выплавки кристаллических материалов, аппаратура по материаловедению и изучению ускорений, “перчаточный ящик” для выполнения опасных экспериментов и другое оборудование. В программу включены 9 дополнительных заданий и 10 экспериментов по биологии и медицине (Украинское космическое агентство).

Стартовая масса МТКК “Колумбия” составляла 2050,2 т, включая массу корабля – 118,3 т, посадочная масса – 102,7 т. В грузовом отсеке размещалась научная аппаратура и спутники общей массой 4,5 т.

В международный экипаж “Колумбия” вошли: командир – Кевин Крегел (Kevin R. Kregel) (3-й полет, 327-й астронавт мира, 207-й астронавт США), пилот – майор ВВС США Стивен Линдси (Steven W. Lindsey) (1-й полет, 365-й астронавт мира, 230-й астронавт США), 1-й специалист полета – доктор Калпана Чаула (Kalpana Chawla) (1-й полет, 366-й астронавт мира, 231-й астронавт США), 2-й специалист полета – капитан 1-го ранга ВМС США Уинстон Скотт (Winston E. Scott) (2-й полет, 339-й

астронавт мира, 216-й астронавт США), 3-й специалист полета – доктор Такао Дои (Takao Doi) (1-й полет, 367-й астронавт мира, 5-й астронавт Японии) и специалист по полезной нагрузке – Леонид Константинович Каденюк (1-й полет, 368-й астронавт мира, 1-й космонавт Украины).

Через четыре часа после старта были открыты створки грузового отсека корабля, и экипаж приступил к выполнению многочисленных экспериментов. Из-за сдвига в графике программы выведение возвращаемого КА “Spartan-201” на орбиту было перенесено с 19 на 21 ноября. Астрономический спутник “Spartan” массой 1352 кг запускается в четвертый раз (STS-56, -64 и -69). На нем установлены внеатмосферный коронограф и корональный УФ-спектрометр для изучения солнечной короны. На 33-м витке 21 ноября с помощью манипулятора КА был отпущен в автономный полет, но из-за неполадок в работе его систем программа исследований была сорвана. Чтобы отремонтировать спутник, следовало “Spartan-201” вновь возвратить в корабль. Однако все попытки снять КА с орбиты не увенчались успехом. Пришлось выполнить незапланированный выход в открытый космос. В ночь с 24 на 25 ноября У. Скотт и Т. Дои на манипуляторе добрались до спутника и стыковочным устройством захватили его, а затем убрали аппарат в грузовой отсек корабля. Астронавты провели и цикл испытаний грузовой стрелы. Ее предполагают использовать в сборочных работах на МКС. Продолжительность выхода – 7 ч 43 мин.

Второй выход У. Скотт и Т. Дои совершили по программе 2 декабря. За 5-ти часовую работу они опробовали грузовой кран массой 270 кг (имитировали перенос блоков МКС) и испытывали приспособления для работ вне корабля. В конце выхода астронавты испытали прототип дистанционно-управляемого КА “Sprint” (масса 16 кг) для внешнего осмотра МКС.

Несмотря на неудачу со спутником “Spartan-201” экипаж выполнил остальную программу. Космо-

навт Украинского космического агентства Л. Каденюк успешно провел медико-биологические опыты.

Из биографии Л. Каденюка (Украина). Л.К. Каденюк родился 28 января 1951 г. в селе Клишковцы Черновицкой обл. Украины. Окончил в 1971 г. Черниговское военное училище и работал затем летчиком-инструктором. Испытывал и освоил 54 типа самолетов, получил квалификацию “летчик-испытатель 1-го класса”. В августе 1976 г. зачислен в отряд космонавтов ЦПК, по окончании обучения

получил квалификацию “космонавт-испытатель”. Готовился по программе “Буран”. В 1988 г. окончил филиал МАИ по специальности инженер-механик. В 1990 г. готовился к космическому полету по программе “Союз-спасатель”. В 1996 г. уволился из ВВС России в звании полковник и ушел из отряда космонавтов. В конце 1996 г. назначен в экипаж STS-87 и готовился к полету в NASA.

После выполнения программы полета экипаж корабля “Колумбия” осуществил посадку на мысе Канаверал 5 декабря 1997 г. в 12 ч

20 мин. Продолжительность 24-го полета корабля “Колумбия” составила 15 сут 16 ч 34 мин 04 с.

(По материалам NASA и ESA, журналов “Spaceflight”, “Raumfahrt Journal”, “Space Shuttle News” и “Новости космонавтики” за 1997–98 гг.)

Поправка:

В “Земле и Вселенной” № 1, 1998 г. на с. 58 и 60 перепутаны фотографии экипажей. Фото экипажа STS-82 см. на с. 60, а STS-83 на с. 58.

НОВЫЕ КНИГИ

Мемуары выдающегося ракетостроителя

В 1997 г. вышла очередная, третья, книга воспоминаний сподвижника академика С.П. Королёва, видного конструктора ракетно-космической техники, члена-корреспондента РАН Б.Е. Чертока (“Ракеты и люди. Горячие дни холодной войны”, М., “Машиностроение”, 1997). Книга (Земля и Вселенная, 1997, № 3, с. 110) продолжает увлекательное повествование о самом напряженном времени в истории космонавтики – 1961–68 гг. В ней приведены многие неизвестные факты. Сложные коллизии и драматические ситуации соседствуют с комичными, что оживляет изложение и передает атмосферу времени.

В книге шесть глав. В первой главе подробно описывается создание оборонного щита страны – межконтинентальной баллистической ракеты Р-9 и ее модификаций – сис-



тем “Темп”, “Пионер”, “Старт” и “Тополь”, нашедших применение в ракетных войсках стратегического назначения. Читатели узнают о приготовлениях ракетных частей в период Карибского кризиса, разработке спутников оптической разведки “Зенит-2 и -4”, системах противоракетной обороны. Во второй главе рассказывается о создании первой в нашей стране системы космической связи “Молния”, рождении и запусках спутников серии “Молния-1”.

Третья и пятая главы посвящены перипетиям подготовки и полетам космонавтов на кораблях от “Востока-2” до “Союза-1”. Автор повествует о трагической гибели В.М. Комарова, об испытаниях корабля “Союз” и лунного КК “Зонд” (программа Л1).

Последние дни жизни С.П. Королёва, его космические проекты нашли отражение в четвертой главе. В ней говорится о полетах к Луне станций “Луна-7 и -8”, первой удачной мягкой посадке “Луны-9”. Данные о полетах АМС к Луне, Венере и Марсу помещены в таблице. В заключительной главе автор приводит сведения о полете АМС “Венера-4”, первой автоматической стыковке кораблей “Союз” – “Космос-186 и -188”, работах по созданию ракетного комплекса “Н-1” и о гибели в авиационной катастрофе Ю.А. Гагарина.

Борьба различных технических идей, подробности жизни и работы создателей мощнейшей ракетно-космической отрасли – все это делает книгу Б.Е. Чертока интересной для многих читателей. В настоящее время замечательный ветеран отечественной космонавтики работает над четвертым томом воспоминаний.

Вселенная как лист Мёбиуса?

И.Л. ГЕНКИН,

доктор физико-математических наук

Казахский госуниверситет им. Аль-Фараби

Топология пространства Вселенной может оказаться весьма экзотической. В частности, пространство может обладать свойством односторонности, проявляющимся на очень больших расстояниях.

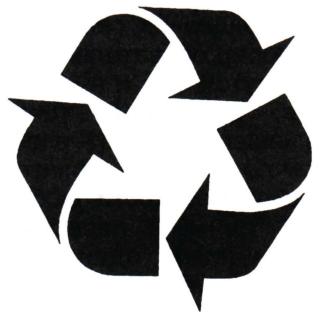
Статья Л.В. Лескова с почти таким же названием (без вопросительного знака) уже была опубликована (Земля и Вселенная, 1993, № 2). Среди прочего там говорилось о

гипотетической возможности того, что одна сторона листа Мёбиуса материальна, а другая (?) представляет собой семантическое пространство. Это трудно понять не в последнюю очередь потому, что лист Мёбиуса тем и отличается от других "листов", что он имеет всего одну сторону. Мы не будем касаться здесь темы статьи Л.В. Лескова. Попытаемся подойти ко Вселенной как своего рода **одностороннему объекту** и изучить проблему

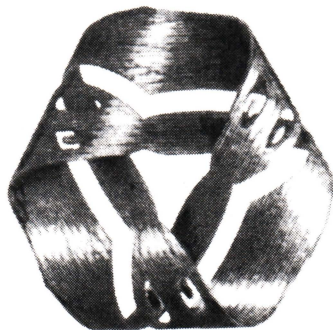
с точки зрения незаслуженно забытых идей космологии 1-ой половины XX в.

Популярному изложению космологии, рассказу о разнообразных моделях мира посвящено большое количество литературы. Из наиболее подробных и серьезных отметим книги И.Д. Новикова и И.А. Климишина. Однако в них ничего не говорится об односторонних мирах! Чтобы понять возможность их реального существования, необходимо хотя бы очень коротко остановиться на феномене кривизны пространства.

Искривление пространства – это изменение его геометрических свойств (как еще говорят – его геометрии) по



1



2

Вариации на тему листа Мёбиуса.

1 – компьютерная графика

2 – рис. М.К. Эсхера

сравнению с известной из школы евклидовой геометрии. В искривленном пространстве кратчайшие расстояния между точками – **геодезические линии**, аналог прямых линий евклидова пространства. А построенные из пересекающихся геодезических линий геодезические поверхности – аналоги плоскостей. Обычная сфера – пример двумерной геодезической поверхности всюду одинаковой кривизны; отрезки больших кругов на ней суть геодезические линии, т.е. кратчайшие расстояния. С точки зрения двумерных существ, которых можно представить живущими на сфере, эти линии вполне заслуживают названия прямых линий двумерного сферического мира. Их кривизна видна нам из нашего трехмерного пространства, в которое сфера как бы “вложена”.

Сумма углов сферического треугольника, образованного отрезками больших кругов, больше 180° . Упомянутая выше кривизна поверхности связана именно с величиной превышения этой суммы над евклидовым значением. Чтобы не вдаваться в подробности, скажем лишь, что кривизна сферы положительна и равна $1/R^2$, где R – радиус сферы.

Нужно и важно подчеркнуть, что наличие у сферы внутренних частей и охватывающего ее внешнего трехмерного пространства совсем не обязательно! Мир (не “наш”) мог бы быть дву-

мерным без одновременного реального существования третьего измерения. В этом случае не имело бы смысла спрашивать, относительно чего искривлена сфера и где находится центр кривизны. Именно так нужно представлять искривление трехмерного мира. Иногда условно говорят о нем как о трехмерной сфере или другой фигуре, вложенной в четырехмерное пространство (здесь не имеется в виду время как дополнительная координата). В трехмерном сферическом мире есть и двумерные сферы – малые и большие. Самые большие из возможных – **геодезические поверхности**. Они делят трехмерный сферический мир на две части (полушария), подобно плоскостям в евклидовом пространстве.

Представление о вложенности часто бывает удобным и наглядным, но оно достаточно произвольно и не всегда пригодно. Спираль, изогнутая в трех направлениях, по существу остается одномерной фигурой. Но ее нельзя вложить (за некоторыми исключениями) в двумерное пространство всюду одинаковой кривизны. И бесконечную во всех направлениях геодезическую поверхность всюду одинаковой, отрицательной кривизны (**плоскость Лобачевского**) нельзя без складок вложить в евклидово пространство: оно для этого недостаточно просторно. (Существует поверхность вращения – **псевдосфера**, также имею-

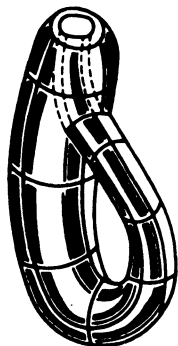
щая постоянную отрицательную кривизну. На ней частично реализуется геометрия Лобачевского. Но эта поверхность не бесконечна во всех направлениях и даже имеет с одной стороны резкую границу. Псевдосферу нельзя отождествлять с плоскостью Лобачевского, хотя в популярной литературе это часто делают.)

Вывод о том, что вложение пространств меньшей размерности в пространства большей размерности не всегда возможно, важен для дальнейшего. Помимо сферы существует еще одна поверхность постоянной положительной кривизны, а именно **эллиптическая “плоскость”**, которую, в отличие от сферы, не удастся вложить в трехмерное евклидово пространство. Как известно, отличие эллипса от окружности может быть совсем незаметным. Отличий эллиптической плоскости от сферы локально вообще нет. Они имеют в малых масштабах одинаковую геометрию, одинаковую “метрику”, но глобально совершенно не похожи.

На сфере две пересекающиеся “прямые” (например, два меридиана, выходящие из северного полюса), обязательно пересекутся еще и в наиболее удаленной точке (в нашем примере – в южном полюсе). На эллиптической плоскости любые две “прямые” пересекаются лишь один раз. Здесь наиболее удаленные от полюса точки для

каждого меридиана свои. Можно представить себе картину, где все меридианы, оставаясь в связке около Северного полюса, съехали с земного шара на разные углы, так и не достигнув южного полюса. Множество наиболее удаленных точек всех меридианов образует наиболее удаленную окружность. Второго полюса здесь, очевидно, нет, если зафиксировано положение первого. Но этот первый может располагаться в любом месте, ведь пространство однородно и изотропно.

Рассмотрим противоположные (вертикальные) углы, образованные на сфере двумя большими кругами. Внутренняя часть этих кругов представляет собой два двуугольника, соприкасающиеся друг с другом также в противоположной, наиболее удаленной точке. На эллиптической плоскости внутренние части противоположных кругов, образованных геодезическими линиями, формируют только один двуугольник, концы которого, что особенно интересно, взаимно перевернуты на 180° . Вектор нормали к поверхности, обнесенный вдоль биссектрисы по всей ее длине, возвращается в исходную точку, имея направление, противоположное исходному. Это означает, что эллиптическая плоскость — односторонняя, неориентируемая поверхность. Геодезическая линия (эллиптическая прямая) не делит эллиптическую плоскость на две ча-



Бутылка Клейна. Рис. М.К. Эсхера

сти. При разрезе она остается целой.

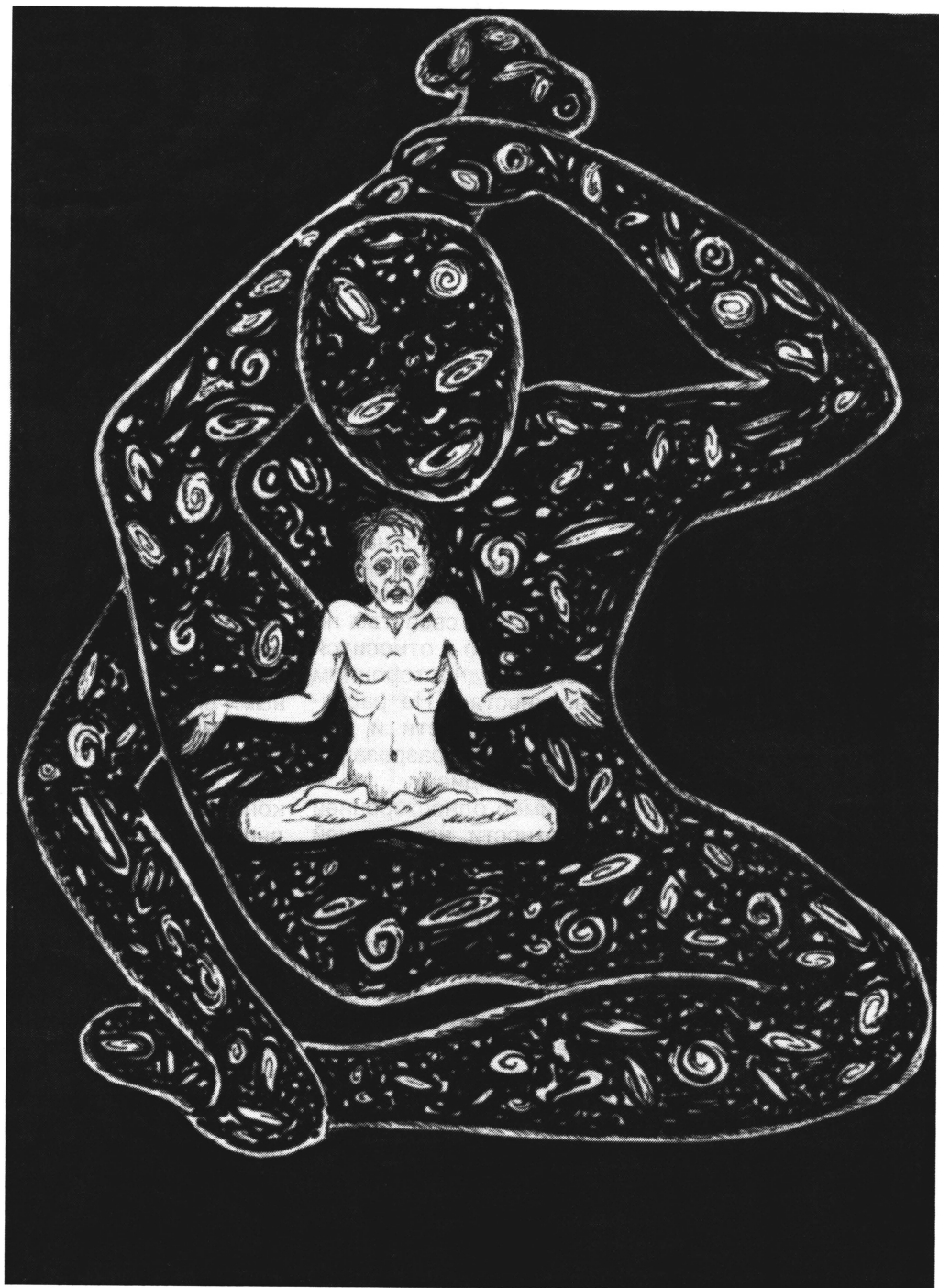
Таким же свойством обладает и лист Мёбиуса: он не распадается на два кольца, если его разрезать по центральной линии. Но это свойство не обязательно относится лишь к односторонним поверхностям. Не распадается на части и тор (бублик) при разрезании его по меридиану.

Пример односторонней поверхности, не делящей пространство на две части — «бутылка Клейна». Ее модель в трехмерном евклидовом пространстве пересекает сама себя. Эллиптическое пространство устроено так, что самопересечений у эллиптических плоскостей нет, хотя они тоже не делят «свое» эллиптическое пространство на части.

Существует формализованное построение **эллиптической геометрии** как сферической, но с отождествленными противоположными точками. Эллиптическая геометрия называется также геометрией Римана.

Сравнение геометрий Римана, Евклида и Лобачевского показывает, что некоторые геометрические соотношения в них одинаковы. В частности, во всех трех геодезические линии могут пересекаться только в одной точке. А в сферической геометрии все большие круги пересекаются в двух точках. Поэтому, несмотря на большую наглядность сферической геометрии, она в ряде топологических отношений сложнее эллиптической.

Различие метрических (локальных) и топологических (глобальных) свойств достаточно просто демонстрирует евклидова геометрия. Плоский бесконечный лист и свернутый из него без растягиваний и складок цилиндр обладают одинаковыми внутренними метрическими свойствами, но цилиндр бесконечен в направлении образующей и конечен в перпендикулярном направлении. Их **топология** различна, а **метрика** одинакова. Цилиндр можно превратить в тор. В трехмерном пространстве это неизбежно сопровождается неодинаковым растяжением наружных и внутренних поверхностей тора. Но в четырехмерном евклидовом пространстве изгиб цилиндра может быть сделан относительно четвертой основной плоскости без растяжений. В результате получается двумерный тор с всюду локальной евклидовой геометрией. Внешний наблюдатель из трехмерного мира увидит лишь некото-



"Человек как лист Мёбиуса". Художник П.Ю. Черносвитов

рое (трехмерное же) сечение этого тора. Однако, как уже отмечалось, существование этого наблюдателя и вообще внешнего мира с большим числом измерений, вовсе не обязательно для двумерного тора. Интересно, что хотя односторонних евклидовых плоскостей нет, односторонние цилиндры и торы с евклидовой метрикой возможны. Они получаются при соответствующем отождествлении точек разреза обычной плоскости.

Все сказанное относится и к трехмерным многообразиям, только там количество возможных вариантов возрастает. Если бы каким-то образом было установлено, что метрика мира строго и повсюду евклидова, это еще не означало бы, что он бесконечен во всех направлениях. Такой мир может быть, в принципе, бесконечным лишь в двух или одном направлении, или даже ни в одном. В этом случае он должен быть похожим на трехмерный тор, охватить который взглядом не сможет даже воображаемый житель четырехмерного мира.

Вильям де Ситтер построил в 1917 г. стационарную, но нестатиче-

скую модель Вселенной: свойства модели оставались все время одинаковыми, но галактики, находившиеся в ней, разбегались друг от друга под действием дополнительных космологических сил. Де Ситтер рассматривал свою модель как эллиптическую, т.е. с односторонними геодезическими поверхностями. В его модели темп течения времени зависит от расстояния до наблюдателя так, что в наиболее удаленных точках время вообще останавливается. При этом место нахождения наблюдателя не имеет значения: из любой точки Вселенная выглядит одинаково.

В настоящее время считают, что до фридмановской стадии расширения Вселенной была кратковременная стадия **сверхбыстрого раздувания**, причем глобальные свойства мира в то время лучше всего описываются де-ситтеровской моделью. Но топологические свойства (односторонность, замкнутость) не могут изменяться в процессе расширения. Если Вселенная была односторонней в начале инфляционной стадии, она таковой и осталась. Поэтому и

уместен вопрос, вынесенный в заголовок статьи.

Есть ли какие-либо реальные данные наблюдений, позволяющие ответить на данный вопрос? Пожалуй, пока что нет. Наблюдения Вселенной в самых больших масштабах ограничены **горизонтом видимости**. В модели де Ситтера горизонт — это поверхность с остановившимся временем. В нестационарных расширяющихся моделях появление горизонта обусловлено самим расширением в совокупности с фактом конечности скорости света. В любом случае горизонт не позволяет делать круговые обзоры. Тем более, что мы, скорее всего, наблюдаем ничтожную часть мира, даже если он конечен, т.е. содержит конечное число кубических километров. Разумеется, недоступная наблюдениям часть Вселенной как-то влияет на характер и структуру Метагалактики внутри нашего горизонта видимости. Поэтому остаются шансы понять структуру пространства (и времени) в наибольших мыслимых масштабах. Поживем — увидим!

НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ: июль-август 1998 г.

ЯВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ СОЛНЦЕ–ЗЕМЛЯ–ЛУНА

Земля в афелии. Июль 3, 23^ч50^м11^с
 $R_{\max} = 1.016696328 \text{ а.е.} = 152095605 \text{ км}$
 Кольцеобразное солнечное затмение.
 Август 22, 2^ч14^м00,3^с
 Полутеневое лунное затмение
 Август 8, 2^ч58^м06,5^с

ФАЗЫ ЛУНЫ

Новолуние	Первая четверть	Полнолуние	Последняя четверть
–	Июль 1, 18 ^ч 43 ^м	Июль 9, 16 ^ч 01 ^м	Июль 16, 15 ^ч 13 ^м
Июль 23, 13 ^ч 44 ^м	Июль 31, 12 ^ч 05 ^м	Август 8, 2 ^ч 10 ^м	Август 14, 19 ^ч 48 ^м
Август 22, 2 ^ч 03 ^м	Август 30, 5 ^ч 06 ^м	–	–

ПЕРИГЕЙ И АПОГЕЙ ЛУНЫ И РАССТОЯНИЕ ДО ЛУНЫ

Апогей	Перигей	Апогей	Перигей	Апогей
Июль 2, 17 ^ч 404220 км	Июль 16, 14 ^ч 369700 км	Июль 30, 12 ^ч 404301 км	Август 11, 12 ^ч 366447 км	Август 27, 6 ^ч 405148 км

СОЕДИНЕНИЯ ПЛАНЕТ С ЛУНОЙ И МЕЖДУ СОБОЙ

Июль 10,	17 ^ч 46 ^м	Нептун в 2.3° к югу от Луны
Июль 11,	12 ^ч 39 ^м	Уран в 2.5° к югу от Луны
Июль 14,	18 ^ч 45 ^м	Юпитер на 1° к северу от Луны
Июль 21,	11 ^ч 42 ^м	Венера в 3.7° к северу от Луны
Июль 17,	5 ^ч 10 ^м	Сатурн в 2.2° к северу от Луны
Август 7,	19 ^ч 11 ^м	Уран в 2.6° к югу от Луны

ПЛАНЕТНЫЕ КОНФИГУРАЦИИ

Меркурий: наибольшая восточная
 элонгация (27°)
 Июль 17, 3^ч17^м
 Стояние Июль 30, 5^ч04^м
 Наименьшее геоцентрическое
 расстояние Август 10, 16^ч54^м
 $R_{\min} = 0.6022 \text{ а.е.} = 90.08 \text{ млн км}$
 Нижнее соединение
 Август 13, 23^ч47^м
 Стояние Август 23, 5^ч11^м
 Наибольшая западная элонгация
 (18°)
 Август 31, 9^ч12^м
 Марс: стояние Июль 18, 16^ч53^м
 Сатурн: стояние Август 16, 14^ч28^м
 Уран: наименьшее геоцентрическое
 расстояние Август 2, 10^ч19^м
 $R_{\min} = 18.8546 \text{ а.е.} = 2821 \text{ млн км}$
 Противостояние
 Август 3, 7^ч12^м
 Нептун: наименьшее геоцентрическое
 расстояние Июль 23, 15^ч36^м
 $R_{\min} = 29.1227 \text{ а.е.} = 4357 \text{ млн км}$
 Противостояние
 Июль 23, 20^ч20^м

Август 11	23 ^ч 51 ^м	Юпитер на 0.8° к северу от Луны
Август 13,	11 ^ч 54 ^м	Сатурн в 2.2° к северу от Луны
Август 20,	13 ^ч 36 ^м	Венера в 2.7° к северу от Луны
Август 5,	2 ^ч 48 ^м	Венера на 0.8° к югу от Марса
Август 25,	23 ^ч 27 ^м	Меркурий на 2.6° к югу от Венеры

Примечания: 1) Стояние – смена направления
 видимого движения планеты
 2) Соединение – равенство пря-
 мых восхождений двух светил

ЭФЕМЕРИДЫ ПЛАНЕТ

Дата		Прямое Восхождение	Склонение	Видимый диаметр	Блеск
Меркурий					
Июль	1	8 ^h 10 ^m 17 ^s	+21°46.7'	6.1"	-0.3 ^m
	11	9 07 42	16 57.6	7.1	0.2
	21	9 44 29	12 01.9	8.5	0.7
	31	9 56 39	8 40.1	10.1	2.0
Август	10	9 39 25	8 50.8	11.2	4.0
	20	9 13 05	12 25.0	10.1	2.6
	30	9 22 30	14 45.0	7.6	0.1
Венера					
Июль	1	4 24 41	20 07.2	12.2	-3.9
	11	5 15 16	21 55.7	11.7	-3.9
	21	6 07 07	22 45.3	11.3	-3.9
	31	6 59 31	22 30.9	11.0	-3.9
Август	10	7 51 36	21 11.8	10.7	-3.9
	20	8 42 42	18 51.4	10.4	-3.9
	30	9 32 22	15 37.4	10.2	-3.9
Марс					
Июль	1	5 44 02	23 55.6	3.7	1.6
	11	6 13 40	24 02.0	3.7	1.6
	21	6 42 58	23 47.7	3.8	1.6
	31	7 11 45	23 13.7	3.8	1.7
Август	10	7 39 56	22 21.5	3.8	1.7
	20	8 07 26	21 12.6	3.9	1.7
	30	8 34 12	19 48.8	3.9	1.7
Юпитер					
Июль	1	23 53 10	-2 07.1	42.1	-2.5
	11	23 54 40	-2 00.6	43.5	-2.6
	21	23 55 00	-2 01.8	44.9	-2.7
	31	23 54 07	-2 10.7	46.2	-2.7
Август	10	23 52 05	-2 26.9	47.4	-2.8
	20	23 48 59	-2 49.6	48.5	-2.8
	30	23 45 01	-3 17.5	49.2	-2.9
Сатурн					
Июль	1	2 02 12	+9 52.7	17.2	0.3
	11	2 04 46	10 04.1	17.5	0.3
	21	2 06 48	10 12.3	17.8	0.2
	31	2 08 13	10 17.1	18.1	0.2
Август	10	2 09 00	10 18.4	18.4	0.2
	20	2 09 06	10 16.2	18.8	0.1
	30	2 08 33	10 10.6	19.1	0.0
Уран					
Июль	1	20 58 37	-17 50.3	3.7	5.7
	11	20 57 16	-17 56.1	3.7	5.7
	21	20 55 47	-18 02.5	3.7	5.7
	31	20 54 11	-18 09.1	3.7	5.7
Август	10	20 52 35	-18 15.6	3.7	5.7
	20	20 51 00	-18 21.9	3.7	5.7
	30	20 49 33	-18 27.6	3.7	5.7
Нептун					
Июль	1	20 14 05	-19 30.5	2.4	7.9
	11	20 13 02	-19 33.9	2.3	7.8
	21	20 11 56	-19 37.5	2.3	7.8
	31	20 10 49	-19 41.1	2.3	7.8
Август	10	20 09 43	-19 44.6	2.3	7.8
	20	20 08 42	-19 47.9	2.3	7.9
	30	20 07 48	-19 50.9	2.3	7.9

УСЛОВИЯ ВИДИМОСТИ ПЛАНЕТ

МЕРКУРИЙ: Можно увидеть вечером в начале июля. В последней неделе августа виден утром перед восходом Солнца. В обоих случаях будет в созвездии Рака.

ВЕНЕРА: Утренняя видимость. Планета пройдет по созвездиям Тельца, Ориона, Близнецов.

МАРС: Утренняя видимость начинается в первой декаде июля, продолжительность ее постепенно увеличивается. Планета пройдет по созвездиям Тельца, Близнецов и Рака.

ЮПИТЕР: Утренняя видимость, постепенно улучшающаяся. В середине августа будет виден в течение всей ночи. Созвездие Рыб.

САТУРН: Утренняя видимость, постепенно улучшающаяся. Созвездия Рыб и Кита.

УРАН и НЕПТУН: Оба находятся в созвездии Козерога. Видимость хорошая, в августе планеты будут видны в течение всей ночи.

Восход Солнца и планет с утренней видимостью на широте 56°

Дата	Солнце	Венера	Марс	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун
Июль 1	3 ^ч 18 ^м	1 ^ч 32 ^м	2 ^ч 18 ^м	23 ^ч 26 ^м	0 ^ч 23 ^м	22 ^ч 13 ^м	21 ^ч 41 ^м
11	3 29	1 28	2 07	22 48	23 45	21 33	21 01
21	3 44	1 33	1 59	22 09	23 06	20 53	20 21
31	4 02	1 49	1 54	21 30	22 28	20 13	19 37
Август 10	4 21	2 13	1 51	20 50	21 49	19 29	18 57
20	4 40	2 44	1 49	20 10	21 10	18 48	18 17
30	5 00	3 18	1 48	19 29	20 31	18 08	17 37

Восход Солнца и планет с утренней видимостью на широте 50°

Дата	Солнце	Венера	Марс	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун
Июль 1	3 55	2 02	2 56	23 24	0 35	21 50	21 15
11	4 03	2 01	2 46	22 46	23 57	21 10	20 35
21	4 14	2 09	2 37	22 07	23 19	20 30	19 55
31	4 28	2 23	2 30	21 28	22 41	19 49	19 11
Август 10	4 42	2 44	2 25	20 48	22 02	19 05	18 31
20	4 57	3 10	2 20	20 07	21 23	18 25	17 51
30	5 12	3 39	2 16	19 26	20 44	17 44	17 11

- Примечания:**
- 1) В таблицах указано местное время. Чтобы определить время захода (восхода) по Вашим часам, прибавьте к моменту, указанному в таблице, разницу между временем Вашего часового пояса и всемирным временем УТ и вычтите долготу пункта наблюдений.
 - 2) Сопоставляя моменты восходов Солнца и планеты, можно оценить продолжительность видимости планеты. Например, Венеру можно видеть в течение примерно двух часов каждое утро. Продолжительность видимости Марса увеличится от менее чем 1 часа до 3 часов. В начале июля Юпитер можно будет видеть начиная с полночи, а в конце августа – всю ночь, и т.д.

АСТЕРОИДЫ

Дата	Прям. восх.	Склонение	Геоц. расст.	Гелиоц. расст.	Блеск
------	-------------	-----------	--------------	----------------	-------

№ 6 Геба

Июль 1	16 ^h 35.1 ^m	-2°06'	1.692 а.е.	2.580 а.е.	9.6 ^m
15	16 27.2	-3 34	1.770	2.551	9.8
30	16 24.4	-5 32	1.887	2.520	10.0

№ 2 Паллада

Июль 1	23 52.3	+7 42	2.919	3.216	10.0
15	23 56.9	7 15	2.701	3.195	9.8
30	23 58.1	6 06	2.483	3.171	9.5
Август 15	23 54.5	4 00	2.287	3.144	9.2
30	23 46.9	1 13	2.154	3.117	8.8

КОМЕТЫ

Из комет ярче 13^m в июле-августе 1998 г. на северном небе будут видны: комета Клемолы, комета Хауэлл, комета Ловаша I, комета Джакобини-Циннера.

Дата	Прям. восх.	Склонение	Гелиоц. расст.	Геоц. расст.	Блеск
------	-------------	-----------	----------------	--------------	-------

Комета Клемолы (P = 11 лет, e = 0.64, i = 10.6°)

Июль	20	2 ^h 37 ^m	12°22'	1.905 а.е.	1.934 а.е.	12.3 ^m
Август	9	3 10	12 38	1.797	2.025	12.3
Август	29	3 34	11 48	1.687	2.129	12.4

Комета Хауэлл (P = 5.9 лет, e = 0.51, i = 5.6°)

Июль	20	13 34	−10 40	1.242	1.585	10.0
Август	9	14 13	−15 14	1.299	1.501	9.8

Комета Ловаша I (P = 9.1 лет, e = 0.61, i = 12.3°)

Июнь	30	1 41	14 51	2.121	2.002	12.5
Июль	20	2 23	20 41	1.858	1.905	12.0
Август	9	3 09	26 33	1.619	1.823	11.6
Август	29	3 57	32 11	1.410	1.757	11.1

Комета Джакобини-Циннера (P = 6.46 года, e = 0.71, i = 31.9°)

Июль	20	16 25	27 55	1.296	1.895	11.8
Август	9	16 18	25 00	1.262	1.712	12.0
Август	29	16 28	20 20	1.216	1.531	11.5

МЕТЕОРНЫЕ ПОТОКИ

Название потока	Даты видимости	α радиант	δ	Созвездие	V, км/с	Часовое число
α-Лириды	Июль 9–20	18 ^h 44 ^m	38°	Лиры	50	25
δ-Аквариды	Июль 15–авг. 15	22 52	−5	Водолей	42	
ι-Аквариды	Июль 8–авг. 19	23 12	−15	Водолей	35	
Боотиды	Июнь 28–июль 28	14 36	49	Волопас		
Боотиды	Август 1–20	15 36	52	Волопас		6
Персеиды	Июль 15–авг. 26	3 05	56	Персей	60	200

В.А. ЮРЕВИЧ

Информация

Планета есть! Открытие подтверждено

В 1995 г. астрономы Женевской обсерватории М. Майор и Д. Келоз обнаружили периодические смещения линий в спектре

звезды 51 созвездия Пегаса (51 Peg). Они могут быть вызваны планетой, обращающейся вокруг звезды. Однако существует и другое объяснение наблюдаемого явления: пульсации звезды. Для разрешения этой дилеммы группа астрономов во главе с Т. Брауном получила четкие спектры звезды 51 Пегаса на мощном телескопе обсерватории Маунт-Хопкинс в Аризоне (США). Форма спектральных линий оставалась постоянной при их смещении.

У пульсирующей звезды она бы изменялась.

Этот вывод, подкрепленный результатами других специалистов, позволяет утверждать, что планетная система у звезды 51 Пегаса действительно существует. Это первый случай открытия планеты у солнцеподобной звезды. (Спектральный класс – G4V, визуальная звездная величина – 5,49^m.)

New Scientist, 1997, 156, 17

Солнце в декабре 1997 г. – январе 1998 г.

Подводя итоги 1997 г., можно сказать, что в нем произошло существенное повышение солнечной активности. Во втором полугодии, особенно в конце года, наблюдались мощные группы пятен большой площади и сложной магнитной структуры. Среднемесячные значения чисел Вольфа возрастали в течение всего года, в сентябре и декабре они впервые за два с половиной года превысили отметку 40. Новый, 23-ий, цикл активности начал уверенно развиваться.

В течение первой недели декабря повышенная активность отмечалась в северном полушарии Солнца. По нему проходила развитая активная область с большим головным пятном. На второй неделе две группы пятен появились и на юге, но в целом вторая декада прошла “под перевесом” северного полушария. 11 декабря число Вольфа превысило 70 – на диске было сразу пять активных областей с пятнами и яркие флоккулы. В третьей декаде крупная активная область отмечена в южном полушарии.

Первая декада января активно не отличалась, 7-8 января число Вольфа упало до нуля. Зато во второй декаде оно выросло до 80, снова было пять активных областей на диске. В третьей – активность Солнца несколько уменьшилась.

Основная масса групп пятен формировалась на высоких широтах в обоих полушариях, оставляя “чистой” экваториальную зону – в полном соответствии с законом Шперера для начала цикла.

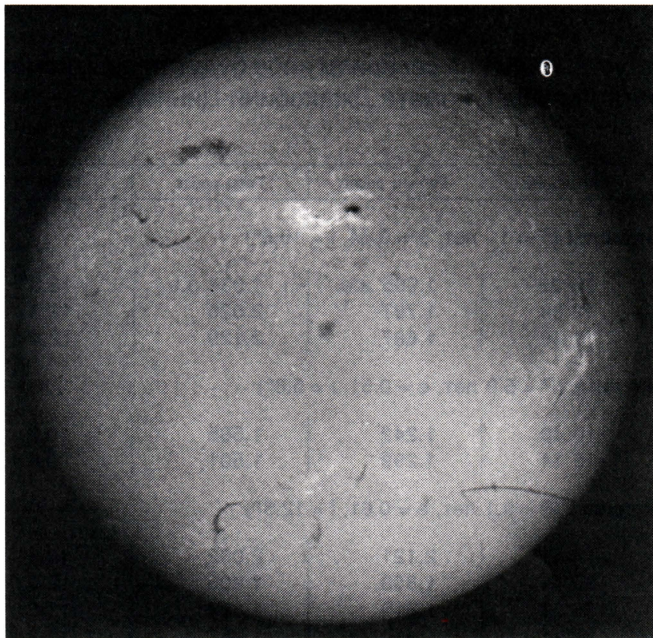
Начало 1998 г. характеризуется уверенным ростом солнечной активности. Новый цикл вступил в свои права.

В.Г. БАНИН,

Доктор физико-математических наук

С.А. ЯЗЕВ,

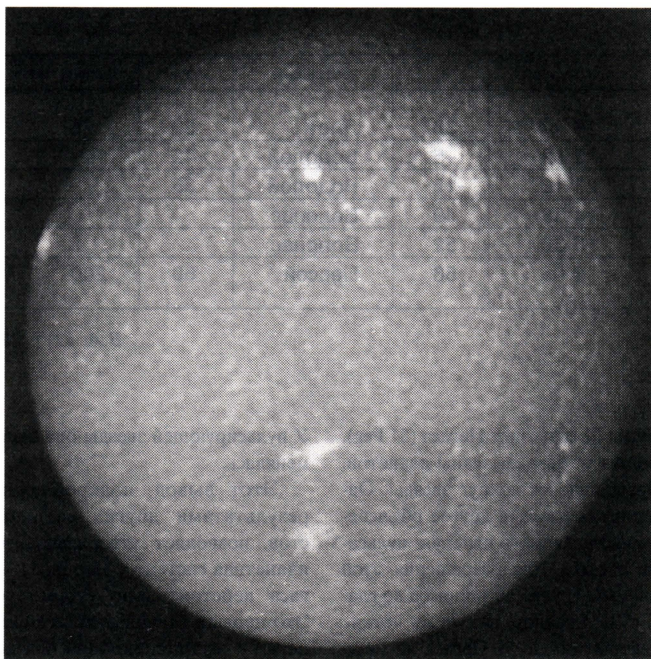
Кандидат физико-математических наук



Солнце в линии H_{α} 3 декабря 1997 г. Вблизи центрального меридиана видна крупная активная область.

Снимок В.С. Башкирцева.

Байкальская астрофизическая обсерватория ИСЗФ РАН



Солнце в линии кальция 11 декабря 1997 г. Видны два “активных пояса” в северном и южном полушариях Солнца.

Снимок А.А. Головки.

Байкальская астрофизическая обсерватория ИСЗФ РАН

Наблюдения полного лунного затмения

Начало дня 16 сентября 1997 г. в Нижнем Новгороде не сулило любителям астрономии радужных перспектив для успешных наблюдений **последнего в этом тысячелетии полного лунного затмения**. Была сплошная низкая облачность.

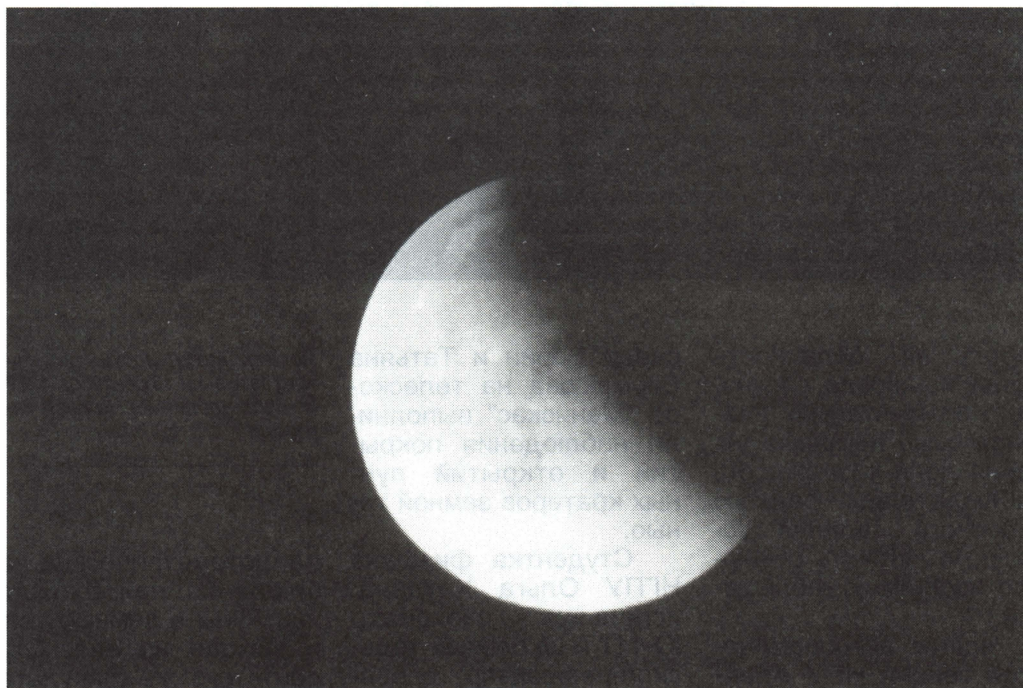
Однако во второй половине дня стали появляться разрывы в облачности, и в обсерваторию

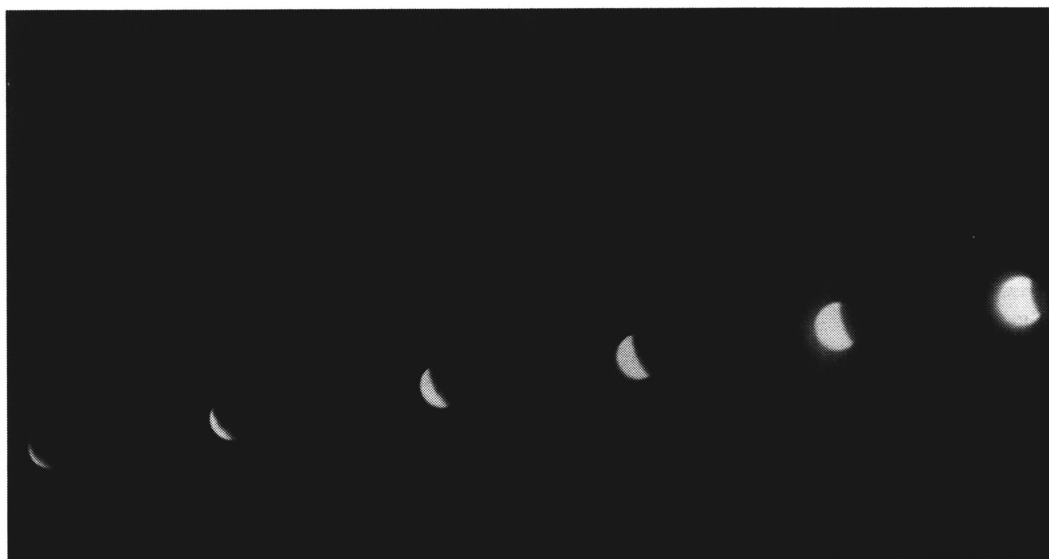
Нижегородского педагогического университета (НГПУ) начали собираться многочисленные наблюдатели – преподаватели и сотрудники кафедр астрономии и истории естествознания, студенты физического факультета НГПУ, члены Нижегородского кружка любителей физики и астрономии (НКЛФА), школьники из астрономи-

ческой секции научного общества учащихся (НОУ), ученики школы-лицея № 40 и школы № 45.

К началу затмения небо полностью очистилось от облачности и оставалось таким почти до его окончания. Слабая мгла и

Луна перед выходом из земной тени. 16.09.1997 г. UT 20^h00^m





небольшая облачность появились после полуночи. Исключительно благоприятные погодные условия дали возможность наблюдателям редкого небесного явления успешно выполнить обширную программу наблюдений.

Члены астрономической секции НОУ Алек-

сандр Верин и Татьяна Бармашова на телескопе "Менискас" выполнили наблюдения покрытий и открытий лунных кратеров земной тенью.

Студентка физфака НГПУ Ольга Хлупина, используя люксметр Ю-117 и школьный телескоп-рефрактор, прове-

Последовательность фаз лунного затмения 16 сентября 1997 г. по наблюдениям в Нижнем Новгороде

ла фотометрические наблюдения при вхождении Луны в земную тень и выходе из нее. Студент того же факульте-

та Николай Захаров, применив неподвижно установленную астрофотокамеру (объектив "Тессар") телескопа "Менискас", получил серию снимков фаз лунного затмения на фотопластинках ZU-21.

А.П. Порошин на телескопе АВР-3 сфотографировал весь процесс затмения с помощью фотоаппарата "Зенит-3М" (пленка "Коника-100"), получив более 20 снимков, включая момент наибольшей фазы.

Большинство наблюдателей оценили затмение в 4 балла по шкале Данжона (ярко-оранжевые, медные цвета; яркая, голубая граница тени). Однако, судя по цве-

ту северной (верхней) части лунной поверхности, находившейся ближе к центру земной тени вблизи наибольшей фазы, за-

тмению следует дать оценку 3 по шкале Данжона (кирпично-красный цвет, края тени желтоватые, более яркие).

Контакты Луны с земной тенью

Явление	UT расчетное	UT фактическое
Начало частного затмения	17 ^ч 08,3 ^м	17 ^ч 08 ^м 18,5 ^с
Начало полного затмения	18 15,8	18 15 49,1
Конец полного затмения	19 18,3	19 18 18,8
Конец частного затмения	20 25,7	20 25 42,4

Расчетные данные взяты из "Астрономического календаря 1997 г." НКЛФА.

А.П. ПОРОШИН

Директор обсерватории

Нижегородского педагогического университета

Информация

Наблюдения сверхэнергичных гамма-квантов

На обсерватории им. Ф.Л. Уиппла при Смитсоновском институте разработана методика регистрации особо энергичных гамма-квантов. Большие оптические камеры способны уловить "свечение Черенкова", возникающее при взаимодействии этих квантов с частицами земной атмосферы. Эти наблюдения дополняются работой спутниковых гамма-телескопов, что позволяет определить направление прихода квантов и найти их источник. Высокоэнергичные фотоны приходят не от обычных звезд или галактик, а от космиче-

ских объектов, где идут взрывные эмиссионные процессы.

Один из таких источников – расширяющийся остаток после катастрофического взрыва звезды. Самый известный объект этого типа – Крабовидная туманность, доминирующая на небе почти во всех длинах волн электромагнитного спектра. Хотя Сверхновая, ее оставившая, взорвалась в 1054 г., "Краб" все еще остается весьма активным динамическим объектом, благодаря действию релятивистских частиц, испускаемых быстровращающимся пульсаром в его центре. Обнаружены еще три остатка сверхновых, от которых идут кванты высоких энергий, все на южном небе.

Самые удивительные результаты появляются при изучении активных галактических ядер. Как предполагается, там находятся массивные черные дыры. По пока не выясненным до конца причи-

нам, из ядер выходят джеты (узконаправленные потоки) релятивистских частиц. Если джеты случайно оказываются направленными прямо к Солнечной системе, наблюдается сильнейший источник высокоэнергичных гамма-квантов – блазар. Здесь наблюдатель как бы заглядывает в дуло космической пушки и становится свидетелем такого рода взаимодействий, которые на Земле могут происходить только в единичных случаях в ускорителях частиц, специально построенных для этого.

Обсерватория Уиппла планирует развернуть сеть таких телескопов в Аризоне. Вдохновленные ее успехами, уже семь групп исследователей строят похожие телескопы.

Harvard-Smithsonian Center for
Astrophysics
Release № 98-02

Новое со съезда астрономов

Свыше 2000 астрономов собрались в январе 1998 г. в Вашингтоне на 191-й встрече Американского Астрономического общества.

Сессия открылась докладами о черных дырах в нашей Галактике. Комбинируя инфракрасные наблюдения с обсерватории Маунт-Паломар и рентгеновские наблюдения со спутника RXTE, астрономы исследовали двойную систему GRS 1915+105, где, как предполагают, находится черная дыра, окруженная аккреционным диском. (В обозначении объекта указаны его координаты: $\alpha = 19^h 15^m$, $\delta = +10,5^\circ$.) Инфракрасные вспышки в системе вызываются прорывом через диск пузырей плазмы. Эти пузыри открывают проходы в диске, через которые устремляются потоки частиц материи с около-световой скоростью. Формируется великолепная система джетов (узконаправленных потоков релятивистских частиц), обнаруженная ранее английскими радиоастрономами. Другие доклады сообщали о звездных столкновениях вблизи черной дыры в центре Млечного Пути. Получены новые подтверждения, что масса черной дыры здесь может достигать 3 млн $M_\odot$.

* * *

Новые исследования, возможно, снимут проблему возраста Вселенной – противоречие между его оценками по темпу расширения Вселенной и по возрасту старейших звездных скоплений. Две группы ученых обнаружили и изучили сверхновые в галактиках с красным смещением, близким к 1 (расстояния порядка нескольких млрд св. лет). Их вывод – Вселенная содержит недостаточно массы, чтобы остановить расширение. Такое же заключение сделано из наблюдений скоплений галактик и

галактик с выбросами плазмы. Кроме того, новая калибровка кривых блеска несколько близких сверхновых склоняет в пользу относительно небольшого значения постоянной Хаббла – 57 км/с Мпк. Это дает возраст Вселенной в 15 млрд лет – неплохое соответствие с возрастом шаровых скоплений.

* * *

Один из предпочитаемых объектов наблюдений в последнее время – звезда β Живописца, вокруг которой, по наблюдениям с Космического телескопа им. Хаббла, обращаются облака пыли и газа (Земля и Вселенная, 1995, № 1, 6). Предполагается, что это – прототип нашей Солнечной системы, такой как она, вероятно, была 5,5 млн лет назад. Оставалось неясным, появились ли уже планеты в окрестностях β Живописца. Теперь выяснилось, что пылевые облака там содержат строительные блоки для комет и планет и, возможно, сами планеты. Спектрограф телескопа Хаббла обнаружил пару сгустков пыли, обращающихся на расстояниях 50–60 а.е. от своей звезды, которые могут быть зародышами планет.

* * *

Приборы Космического телескопа были направлены также на Юпитер и Сатурн, для исследования полярных сияний у полюсов этих планет-гигантов. Как оказалось, сера, выбрасываемая в пространство вулканами Ио, может захватываться магнитосферой Юпитера и попадать в зону полярных сияний, внося свой “отпечаток” в картину сияния.

* * *

Изучено распределение плотных газопылевых облаков в нескольких сейфертовых галактиках. Астрономы смогли локализовать их, сравнивая изображения галактик в инфракрасном и видимом свете. Инфракрасные снимки были получены с помощью камеры “Никмос” Космического телескопа им. Хаббла. Снимки в видимом свете сделаны ра-

нее широкоугольной планетной камерой телескопа Хаббла. Обнаружены пылевые спиральные дорожки, по которым поступает “топливо” к черным дырам в центрах активных галактик.

Типичная галактика Сейферта излучает столько же энергии, сколько триллион Солнц. Вся радиация исходит из пространства, сравнимого по размеру с Солнечной системой. Единственный известный астрономам объект, способный излучать такое количество энергии из столь небольшого объема, – черная дыра. Как полагают, массы черных дыр в галактиках Сейферта порядка 10 млн $M_\odot$. Механизм выделения энергии в окрестностях черных дыр столь эффективен, что для поддержания активности галактики Сейферта достаточно только 1 $M_\odot$ в год. Хотя “топлива” в галактиках более чем достаточно, остается неясным, как материя из внешних частей галактики переносится в центральный участок размером около 1 св. года.

В двух исследованных галактиках пыль формирует ведущие в центр спиральные рукава, несимметричные относительно центра. Рукава образуют перемичку при приближении к центру, похожую на звездные бары некоторых спиральных галактик. Известно, что у галактик с баром наблюдаются потоки газа, падающие к их центрам. Ученые предполагают, что пылевые спирали тоже каким-то образом помогают затягивать газ и пыль к центру галактики.

* * *

Впервые гамма-вспышки зарегистрированы на определенном астрономическом объекте, исключая, конечно, Солнце. Они наблюдались в районе, близком к южному полюсу. Оказалось, что источник гамма-вспышек – яркий в этом месте рентгеновский источник RE J0317-853, излучающий также в далеком ультрафиолете. Это – белый карлик с очень высокой температурой поверхности, 50 000°K и очень сильным магнитным полем, 340 млн гаусс. Период его вращения составляет только

12 мин. По астрономическим масштабам его можно считать близким к нам, 114 св. лет.

Энергия гамма-квантов – 2,2 Мев. Такие кванты испускаются при соединении протонов со свободными нейтронами с образованием ядер дейтерия (нейтронный захват). Они часто оказываются доминирующими в гамма-спектре солнечных вспышек. Механизм их появления на Солнце объяснен. В активных областях Солнца возможен процесс быстрого освобождения магнитной энергии, приводящий к сильному ускорению заряженных частиц. При их взаимодействии с частицами солнечной атмосферы появляются свободные нейтроны. А далее – тот же нейтронный захват с испусканием кванта 2,2 Мев. По всей вероятности, сильное магнитное поле белого карлика способно высвобождать магнитную энергию в процессах, схожих с теми, что идут в активных областях Солнца.

* * *

Спутник COBE, шесть лет назад давший первую картину струк-

туры микроволнового фона (реликтового излучения), закончил картирование всего неба в десяти длинах волн инфракрасного диапазона, от 1 до 240 мкм. После вычитания вклада солнечной системы и Галактики (этот процесс занял несколько лет) на карте остался космический инфракрасный фон, суммировавший инфракрасную радиацию, испущенную всеми когда-либо существовавшими звездами. Космический инфракрасный фон оказался равномерным. Тем не менее наблюдения позволили дать грубую оценку количества сформированных звезд во Вселенной и подтвердить мнение, что большинство звезд в момент своего рождения были окутаны пылью.

* * *

Новые измерения с помощью оптических и радиотелескопов дали новую информацию о тяжелом “монстре”, спрятанном в сердце нашей Галактики. На съезде Американского Астрономического общества был представлен фильм, показывающий движение вокруг

него нескольких звезд, находящихся на расстояниях в несколько световых дней от этого объекта. Наблюдения велись в течение пяти лет. Измеренные скорости этих звезд, превышающие 1000 км/с, дали оценку массы объекта в 2,6 млн $M_{\odot}$, с возможной ошибкой в 0,3 $M_{\odot}$. Может быть, это все-таки черная дыра в центре Млечного Пути?

Обзор составлен по материалам:
Sky & Telescopes's News Bulletin,
The American Institute of Physics,
Bulletin of Physics News,
Carnegie Institution, Washington
Release,
University of New Hampshire
Release

Информация

Цикличность в солнечных нейтрино

Исследователи из Стенфордского университета (США) обнаружили переменность потока солнечных нейтрино с периодом 28,4 дня. Их вывод сделан на основе статистической обработки результатов регистрации нейтрино на хлор-аргоновом детекторе нейтрино Хожмстейк в штате Южная Дакота. Четыре раза в год ученые извлекают из него и подсчитывают атомы аргона, накопившиеся в результате ядерных реакций, вы-

званных нейтрино. В среднем обнаружится один атом аргона за два дня работы детектора.

28,4 дня почти совпадают с периодом вращения внутренних слоев Солнца, точнее границы между зоной лучистого переноса энергии и конвективной зоной Солнца. Выдвинуто две гипотезы о причинах явления. По одной – ядерные реакции в солнечном ядре идут неравномерно. Из-за того, что квантам излучения нужно несколько сотен тысяч лет, чтобы достичь солнечной поверхности, это не сказывается на его светимости. По другой – на нейтрино влияют сильные магнитные поля на границе радиативной зоны, способные отклонять их поток. Ясно, что эта гипотеза требует наличия магнитного момента у нейтрино. Если она

подтвердится, то поможет разрешить некоторые астрономические проблемы. В частности, она говорит в пользу наличия у нейтрино массы и возможности его трансформации из одного вида в другой. Это пролетит новый свет на проблему скрытой массы во Вселенной и проблему дефицита солнечных нейтрино.

Не обнаружено свидетельств существования периода, равного 11-летнему циклу солнечной активности, но замечены слабые следы периода в 157 дней, совпадающего с циклом солнечных вспышек. (См. статью Е.Н. Алексеева в этом номере журнала. – *Ред.*)

Stanford University
News Service 12/19/97

II Международная астрономическая олимпиада

М.Г. ГАВРИЛОВ,
кандидат физико-математических наук

Вторая Международная олимпиада Астрономического общества проходила с 22 по 28 октября 1997 г. в Специальной астрофизической обсерватории РАН. Участники и

гости Олимпиады проживали в гостинице на нижней научной площадке CAO (пос. Нижний Архыз).

В олимпиаде приняли участие команды Армении, Индии и России.

Сборная Российской Федерации была сформирована по результатам IV Российской олимпиады школьников по астрономии и космической физике, которая состоялась в



Участники
II Междуна-
родной ас-
трономиче-
ской олим-
пиады. Сни-
мок от
23 октября
1997 г., CAO,
Нижний Ар-
хыз

апреле 1997 г. в гор. Тро-ицке (Земля и Вселенная, 1997, № 6). Руководителями команды были В.В. Чичмарь (Москва) и С.Ф. Заикин (Ухта).

Олимпиада проходила для двух возрастных категорий участников: VIII–X классы (15–16 лет) и XI–XII классы (17–18 лет). Официальными языками Олимпиады были русский и английский; на этих языках оргкомитет подготовил условия заданий.

Олимпиада состояла из трех туров: теоретический, наблюдательный и практический. Перед теоретическим и практическим турами участникам выдавались карты звездного неба, транспортиры и линейки. Характер задач теоретического тура был примерно таким же, как на I олимпиаде (Земля и Вселенная, 1997, № 3). Число задач было сокращено до шести. На их решение участникам выделялось 4 часа.

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ II
МЕЖДУНАРОДНОЙ
ОЛИМПИАДЫ
АСТРОНОМИЧЕСКОГО
ОБЩЕСТВА

Теоретический тур

VIII–X классы:

1. Две звезды имеют одинаковые абсолютные величины. Одна из них в тысячу раз дальше другой. Каково различие в их видимых величинах? У какой звезды видимая величина больше?

2. Что увидел бы наблюдатель, находившийся на Луне, глядя на Землю во время полного солнечного затмения на Соловецких островах ($34^{\circ}45'$ в.д., $65^{\circ}01'$ с.ш.) в 5 час 22 июля 1990 г. Ответ поясните рисунком.

3. Сутки на Марсе почти равны земным (всего на 2,5% продолжительнее), а период его обращения вокруг Солнца – 687 наших суток. На сколько примерно на Марсе звездные сутки короче солнечных?

4. В тот день, когда весь мир отмечал 40-летие запуска первого искусственного спутника Земли (4 октября), Венера была недалеко от восточной элонгации, ее координаты составляли приблизительно $\alpha = 15^{\text{h}}20^{\text{m}}$, $\delta = -22^{\circ}$. Определите примерно ее координаты и расположение относительно Солнца в день запуска первого ИСЗ. Период обращения Венеры вокруг Солнца – 0,61521 тропического года.

5. Пусть наблюдатель находится на одной из планет Сириуса. Что там светит ярче – наше Солнце или звезды ковша Большой Медведицы?

6. Будем считать, что Солнце в зените, если оно закрывает зенит своим диском. Где такое можно увидеть чаще – в Кито ($\varphi = -0,2^{\circ}$) или в Сан-Паулу ($\varphi = -23,5^{\circ}$)? Объясните.

XI–XII классы.

1. Если звезда удаляется от Земли с большой скоростью, то будет ли она казаться горячее или холоднее, чем такая же, но практически непод-

вижная звезда? Объясните.

2. См. задачу 2 для VIII–X классов.

3. Представители одной очень нехорошей цивилизации провели чудовищный эксперимент: они зверски разделили свою звезду на две равные части (изменения температуры и плотности вещества звезды при этом не произошло). Насколько изменилась суммарная звездная величина системы?

4. См. задачу 4 для VIII–X классов.

5. См. задачу 5 для VIII–X классов.

6. Какова разрешающая способность 6-метрового телескопа БТА в CAO? Что ее ограничивает? Объясните расчеты.

Жюри Олимпиады было сформировано из сотрудников CAO, руководителей команд (по одному из каждой страны) и членов Координационного совета олимпиады. Организация работы жюри была аналогична прошлогодней. Задачи теоретического тура оценивались по системе 8 + 2 (реже 9 + 1 или 7 + 3). Это значит, что за полное правильное стандартное решение ставилось 8 баллов, а еще 2 балла участники могли набрать, приведя в решении дополнительную информацию (осмысление результата, определение границ применимости модели, разумные замечания относительно корректности заданий и т.п.). Но это, конечно, не значит, что следовало писать сочинения на тему задачи по принципу “пишу все, что знаю”. Максимальное число баллов, которое можно было

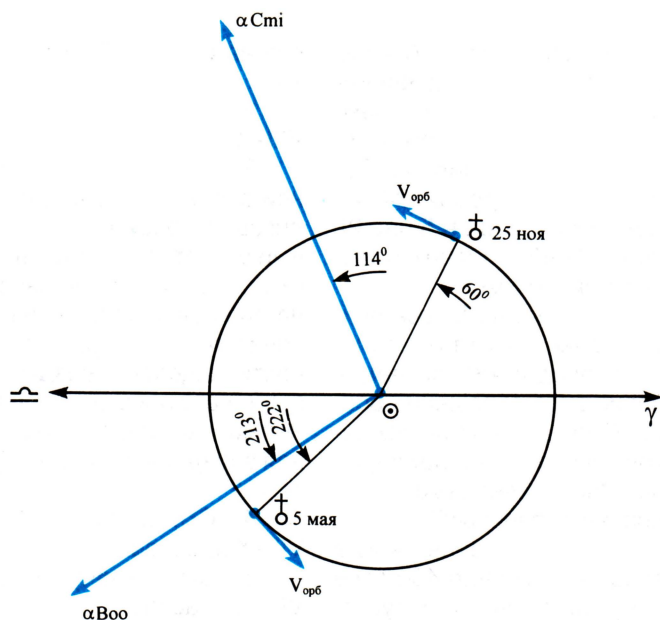


Схема взаимного движения Солнца и Земли по отношению к Арктуре и Проциону

Перед вами – маленький участок спектра трех звезд: Солнца, Арктуре и Проциона – три графика зависимости интенсивности излучения от длины волны (в ангстремах). Линии поглощения распадаются на две группы. Самые узкие образовались на подходе лучей к телескопам, в земной атмосфере. Это линии поглощения кислорода. Особенно узки они в спектре Солнца, что вызвано более высокой разрешающей способностью солнечного телескопа. Широкие линии поглощения железа и других металлов образовались в атмосферах звезд. Их глубина меняется у разных звезд, это вызвано различной температурой поверхности у этих звезд. Но для Вас важно лишь то, что спектры звезд сдвинуты относительно спектра Солнца.

1) Объясните эти сдвиги качественно.

2) Оцените геоцентрические лучевые скорости Арктуре и Проциона.

3) Дайте простейшую схему взаимного движения Солнца, Земли и звезд.

4) Исходя из полученных данных, оцените скорость движения Земли по орбите. Можно воспользоваться картой звездного неба и учесть гелиоцентрические скорости Арктуре (–5,5 км/с) и Проциона (–3,3 км/с).

Максимальное число баллов на практическом туре – тоже 20.

набрать на теоретическом туре, – 60.

24 октября состоялся наблюдательный тур. Погода позволила провести его в первый же запланированный вечер, хотя все остальное время была на редкость пасмурной и дождливой.

Процедура проведения тура воскрешала древние испытания воинов, чье знание звездного неба проверялось в лесу или при частично затянутом облаками небе. Каждый участник проходил через небольшую рощу. В трех местах ему предлагалось узнать созвездия, видимые в просветах стволов и ветвей. Величины и ориентации просветов менялись: вначале – вид на северо-восток (Кассиопея, Персей, Возничий) и на юго-запад (Орел, Дельфин), затем – открытый южный горизонт и, наконец, вид на север с Медведицами и Драконом. Максимальное

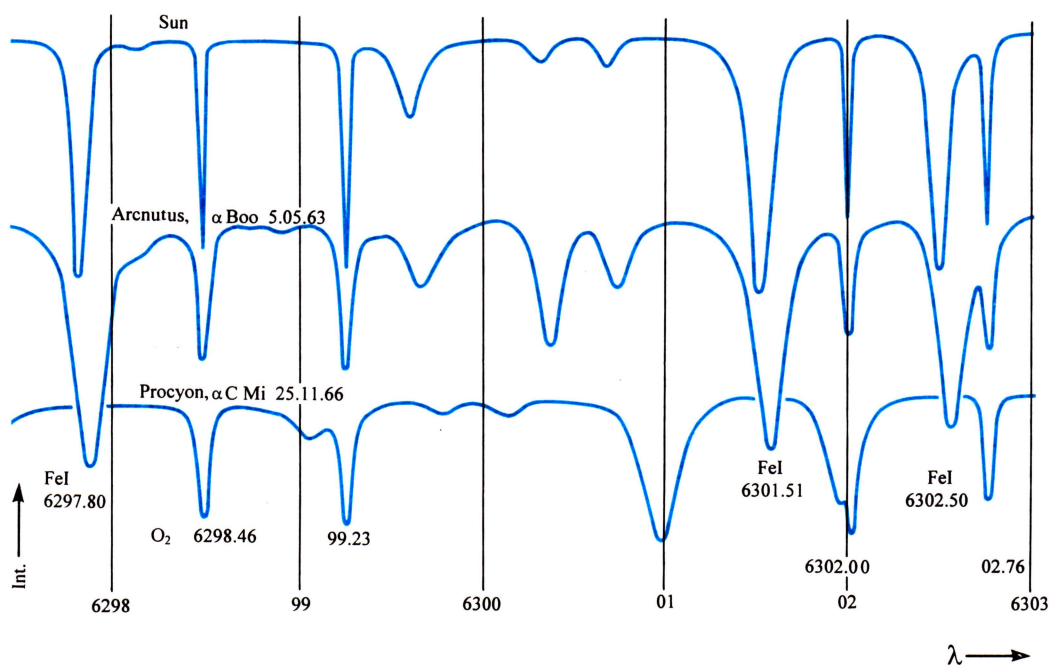
число баллов, которые мог набрать участник на наблюдательном туре, – 20.

На следующее утро прошел практический тур. Вновь задание было одинаковым для всех участников и на его решение давалось 2 часа. Авторы задания поставили перед собой задачу познакомить школьников с совершенно новым материалом и выяснить, насколько хорошо они могут осмыслить и обработать наблюдательные данные, представленные в неизвестном для них виде. Другими словами, участникам было предложено решить маленькую научную задачу.

Практический тур

Эффект Доплера, лучевая скорость и орбитальное движение Земли

(Работа предусматривает несколько этапов. Количество и порядок их выполнения произвольны.)



Следует отметить, что в отличие от большинства других олимпиад (как международных по другим предметам, так и российских астрономических) организаторы старались уделить внимание не только соревновательным моментам. Главным аспектом Международной олимпиады, по мнению организаторов, должен стать научно-познавательный, – ведь большинство школьников впервые знакомятся с современными телескопами и работой научных сотрудников обсерватории, с работой астрономов-профессионалов. Не случайно в Учредительном положении записано, что Олимпиады должны проводиться в обсерваториях.

Кроме перечисленных выше, программа включала в себя много интересных

научных и культурно-спортивных мероприятий. В первый день участникам рассказали об истории создания CAO и познакомили с местностью, окружающей обсерваторию. Неподалеку от научного поселка расположен историко-культурный заповедник, его главная достопримечательность – древние христианские храмы. В этих местах около тысячи лет назад обитали аланы – родственники скифов и других народов иранской языковой группы, живших в то время в Причерноморье; они одними из первых на территории современной России приняли христианство.

В последующие дни для участников Олимпиады были организованы экскурсии на радиотелескоп РАТАН-600, круп-

Участки спектра в районе 6300 А Солнца, Арктура и Прокциона

нейший в Европе оптический телескоп БТА, а также на несколько “маленьких” по сравнению с БТА телескопов (Zeiss-600, Zeiss-1000).

25 октября после практического тура была организована туристская экскурсия по интересным местам в окрестностях обсерватории – в Архыз и дальше, в горы. Кроме того, участники и гости Олимпиады имели возможность посещать спортзал, бассейн, административные здания обсерватории, библиотеку, научные лаборатории, вычислительный центр. Все могли воспользоваться электронной почтой.

На закрытии Олимпиады ее победители были награждены почетными дипломами. К сожалению, отличие в подготовке школьников из разных стран по-прежнему велико: практически все призовые места опять заняли российские ребята. Сразу после окончания Олимпиады для школьников стран СНГ, прибывших в САО РАН, прошла IV Осенняя астрономическая школа. Эта школа стала проводиться с 1994 г., после учреждения Российской олимпиады школьников по астрономии и космической физике. Приглашение на Школу по праву считается главным призом для победителей Российских астрономических олимпиад.

Программа Школы была, как всегда, насыщенной: в первой половине каждого дня – 4 часа лекций по современным

проблемам астрономии и астрофизики, во второй – практические занятия или наблюдения. Наблюдения обычно планируются на “маленьких” телескопах САО и наблюдательной станции Казанского университета. Плохая погода, однако, часто мешает выполнить всю программу – так, например, в этом году из всех запланированных вечеров наблюдений лишь один оказался безоблачным.

Отдельная программа организуется и для взрослых. В рамках Школы проходят многочисленные неофициальные встречи членов оргкомитета и руководителей – энтузиастов преподавания астрономии. Обмен мнениями здесь весьма плодотворен.

Следующая Международная олимпиада Астрономического общества планируется на октябрь 1998 г. в одной из обсерваторий

стран СНГ. Информация на русском и английском языках, включая подробности участия в Олимпиаде, размещена в Интернете: <http://www.issp.ac.ru/univer>. Электронная почта: gavrilov@issp.ac.ru.

Почтовый адрес: 142432 Московская обл. Черноголовка, Институтский просп. 15.

Всех заинтересованных читателей просим присылать задачи, вопросы, замечания и советы по указанным адресам.

КРАТКИЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО И ПРАКТИЧЕСКОГО ТУРОВ

(Приводимые ответы, естественно, не являются исчерпывающими, практически в каждой задаче возможны дополнения и уточнения.)

Теоретический тур, VIII–X классы.

1. Разница в видимом блеске этих звезд.

$$1000^2 = 1000000 = 100 \times 100 \times 100,$$

т.е. разница в видимых звездных величинах $5^m + 5^m + 5^m = 15^m$

Звездная величина удаленной звезды больше. За это стандартное решение ставилось 8 баллов. Следует заметить, что при удалении звезды в 1000 раз, возможно, следует учитывать поглощение от нее межзвездной средой, т.е. разница будет больше 15 звездных величин (+2 балла).

2. Наблюдатель увидел бы Землю, по которой ползет маленький кружок полной тени от

Победители Олимпиады

Диплом I степени

Евдокимов Николай	(Москва, Россия)
Журавлёв Вячеслав	(Москва, Россия)
Золотухин Иван	(Москва, Россия)

Диплом II степени:

Бондарь Валентин	(Кировская область, Россия)
Павлюченко Сергей	(Ухта, Россия)
Постнов Андрей	(Оренбург, Россия)
Рахчеев Максим	(Челябинск, Россия)
Сайфутдинов Александр	(Челябинск, Россия)
Смирнов Максим	(Новгород, Россия)

Диплом III степени:

Захаров Роман	(Сыктывкар, Россия)
Карев Юрий	(Ухта, Россия)
Марковчин Андрей	(Курск, Россия)
Пандей Ананд	(Лукнау, Индия)
Эргле Сергей	(Нижний Новгород, Россия)

Луны (диаметр его составлял около 200 км или менее 2'), вокруг которой диаметром примерно в половину земного радиуса – полутень (область частного солнечного затмения). Соловецкие острова находились на краю видимого диска Земли, слева вверху (если верхом считать направление на Северный полюс). Северный Ледовитый океан был виден почти полностью.

Видимость кружка полной тени сильно зависит от метеоусловий. На достаточно монотонном фоне облаков (которые, к несчастью для астрономов, увы, действительно располагались над Соловецкими островами утром 22 июля 1990 г.) кружок был бы отчетливо виден. В отсутствие облаков, при движении тени “по лесам, полям и рекам” довольно трудно увидеть темный кружок диаметром около 2'.

3. Примерно на две с небольшим минуты. Действительно: лишние звездные сутки набегают (по сравнению с солнечными) за один марсианский год:

$$24^h \times (1 + 2,5\% / 100\%) / 687 = 2,1 \text{ мин.}$$

4. За 40 земных лет Венера совершила почти точно 65 оборотов вокруг Солнца (65,018 или 65 оборотов + 6,6°), т.е. 40 лет назад она тоже была вблизи своей восточной элонгации. Учитывая, что в максимальной элонгации положение Венеры относительно Солнца меняется очень медленно (изменение долготы на

6,6° вблизи максимальной элонгации – это десятые доли градуса на небе), а координаты Солнца 4 октября 1957 г. и 4 октября 1997 г. в точности одни и те же, можно с уверенностью сказать, что 40 лет назад координаты Венеры были практически теми же самыми:

$$\alpha = 15^h 20^m, \quad \delta = -22^\circ.$$

5. Звезды ковша Большой Медведицы находятся на расстоянии около 25 пк, и их видимые звездные величины примерно 2^m (абсолютная звездная величина около 0^m, спектральный класс A0). Сириус находится на расстоянии 2,66 пк от Солнца. Т.е. при наблюдениях с Земли и с окрестностей Сириуса видимые звездные величины звезд ковша будут практически одинаковы. Звездная величина Солнца с расстояния Сириуса – около 2^m. Т.е., некоторые звезды ковша, видимые с Сириуса, будут ярче Солнца, другие – слабее.

6. В Кито (на экваторе) – не более 4 дней в году (по 2 дня вблизи каждого из дней равноденствий). В эти дни изменение склонения Солнца очень большое: 23–24' в сутки. Так что, если сегодня Солнце закроет зенит своим диском (диаметр диска – 32'), то уж послезавтра этого явно не произойдет.

В Сан-Паулу (на тропике) прохождение Солнца через зенит происходит только в дни декабрьского солнцестояния. В это время изменение склонения Солнца незначительно и событие может иметь мес-

то 16, а иногда даже 17 дней в году.

Теоретический тур, XI–XII классы

1. Красное смещение смещает пик спектрального распределения в сторону больших длин волн. Следовательно, начинающий астроном, знакомый только с законом смещения Вина, будет считать звезду холоднее (8 баллов). Температура звезд определяется не только положением максимума излучения в ее спектре, но и положением спектральных линий. Поэтому детальное изучение спектра позволяет вычислить поправку за скорость удаления и уточнить истинную температуру звезд. Такой вывод дает участнику еще 2 балла. Еще заметим, что понятие “казаться горячее или холоднее” весьма условно. В живописи, например, красные тона считаются теплыми, а синие – холодными.

2. См. решение задачи 2 для XIII–X классов.

3. Объем каждой из половинок звезды будет равен половине первоначального, радиус будет меньше в $2^{1/3}$ раза, площадь поверхности – в $2^{2/3}$ раза. Общая площадь половинок – $2 \times 2^{-2/3} = 2^{1/3}$ от первоначальной. При неизменной температуре поверхности звезд изменение звездной величины составит $-5/2 \lg 2^{1/3} = -5/6 \lg 2 = 0,25$.

Заметим, что одна звезда может закрывать другую, в этом случае звездная величина системы становится больше – максимально до

+0,5^m по сравнению с первоначальной (+2 балла).

4. См. решение задачи 4 для VIII–X классов.

5. См. решение задачи 5 для VIII–X классов.

6. Теоретически разрешающая способность (α_T) идеального объектива определяется только длиной волны принимаемого излучения и диаметром объектива: $\alpha_T = 1,22\lambda/D$ (в радианах, 1 рад. = 206265"). Для 6-метрового зеркала и $\lambda = 500$ нм это дает примерно

$$\alpha_T = 1,22 \times 5 \times 10^{-7} \text{ м} / 6 \text{ м} = 10^{-7} \text{ рад.} = 0,02''$$

Однако реальная разрешающая способность БТА ограничена атмосферными условиями и качеством поверхности зеркала. Действительная разрешающая способность БТА примерно 0,7–0,9". Дифракционное ограничение ($1,22\lambda/D$) практически никакой роли не играет.

Практический тур, VIII–XII классы

В предложенных спектрах (они взяты из спектральных атласов) есть линии поглощения кислорода земной атмосферы – они не смещены во всех трех спектрах. В солнечном спектре не смещены также и линии поглощения, образовавшиеся на Солнце.

1) Качественное объяснение сдвигов в спектрах звезд.

У α Boo (Арктур) заметно небольшое красное смещение. Эффект Доплера указывает на взаимное удаление Земли и Арктура.

У α Cmi (Процион) видно существенно более сильное синее смещение линий. Значит, Земля и Процион взаимно сближаются.

2) Оценка геометрических лучевых скоростей V_r звезд.

У α Boo все линии поглощения дают одинаковую величину смещения $\Delta\lambda$ – около +0,06 Å. Все линии α Cmi дают также одинаковые $\Delta\lambda$ – около –0,55 Å. По формуле Доплера:

$$\Delta\lambda/\lambda = V_r/c$$

где $\lambda_0 = 6300$ Å, а $c = 3 \times 10^5$ км/с, получаем:

$$V_r(\alpha \text{ Boo}) = 2,9 \text{ км/с}, \\ V_r(\alpha \text{ Cmi}) = -26,2 \text{ км/с}$$

3) Простейшая схема взаимного движения Солнца, Земли и звезд. Проще всего построить гелиоцентрическую схему в проекции на плоскость небесного экватора, т.е. с помощью карты звездного неба можно непосредственно найти прямое восхождение звезд, а также положение Солнца на эклиптике в любой день года. В других системах координат это сделать сложнее – придется пересчитывать все координаты.

Считая от точки весеннего равноденствия, на которую проецируется Солнце 21 марта, находим:

Направление на α Boo: $\alpha(\alpha \text{ Boo}) = 14^h12^m = 213^\circ$.

Направление на α Cmi: $\alpha(\alpha \text{ Cmi}) = 7^h36^m = 114^\circ$.

Направление на Землю относительно Солнца противоположно направлению на Солнце относительно Земли, т.е. $\alpha + 180^\circ$, поэтому получаем:

5 мая $\alpha = 2^h48^m = 42^\circ$, направление на Землю в гелиоцентрической системе координат $\beta = 222^\circ$, а направление движения Земли – на точку $222 + 90 = 312^\circ$. Соответственно, для 25 ноября направление на Землю $\beta = 60^\circ$, а направление движения Земли – на точку 150° .

Поскольку участники Олимпиады имели транспортиры, они могли точно нанести эти углы на бумагу.

4) Вычисление орбитальной скорости Земли.

Построив кинематическую схему взаимного движения Солнца, Земли и звезд, можно вывести формулу для орбитальной скорости движения Земли $V_{орб}$.

$$V_r = V_c - V_{орб} \times \cos(V, r),$$

где V_r и V_c – гео- и гелиоцентрические скорости звезд, (V, r) – угол между вектором скорости Земли и направлением на звезду.

Рассматривая движение только в плоскости небесного экватора, имеем для каждой из звезд:

$$V_r(\alpha \text{ Boo}) = V_c(\alpha \text{ Boo}) - V_{орб} \times \cos(312^\circ - 213^\circ)$$

$$V_r(\alpha \text{ Cmi}) = V_c(\alpha \text{ Cmi}) - V_{орб} \times \cos(114^\circ - 150^\circ)$$

Из первого уравнения $V_{орб}$ получается равной около 53 км/с, из второго – 33 км/с. Результаты, естественно, неточны, – главным образом потому, что вместо истинных углов мы брали их проекции на плоскость небесного экватора. Однако, можно сказать, что по порядку величины наши результаты совпадают с реальными значениями.

Сентябрь 1997 г. – январь 1998 г.

С тех пор, как человек испытал на себе разрушительную силу землетрясений, его не оставляет сокровенное желание научиться предсказывать это стихийное бедствие.

Отдел сейсмического мониторинга Геофизической службы РАН за период с сентября 1997 г. по январь 1998 г. зарегистрировал и обработал в режиме срочного оповещения более 250 землетрясений, происходивших

на Земле. Информация о них своевременно передавалась в Министерство по чрезвычайным ситуациям Российской Федерации и другие организации.

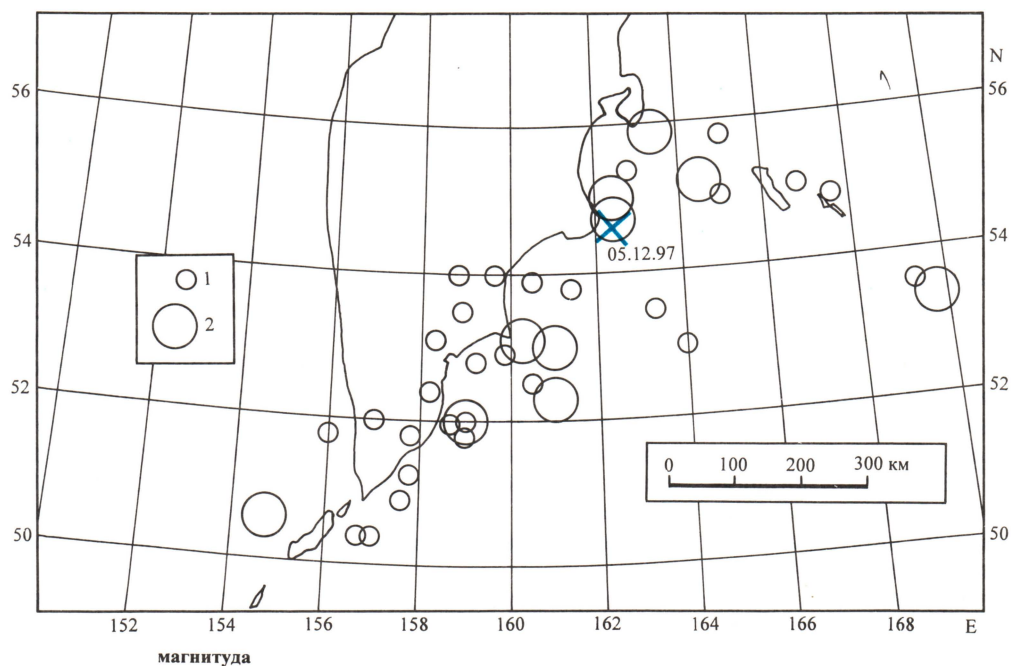
ГЕОГРАФИЯ ЭПИЦЕНТРОВ

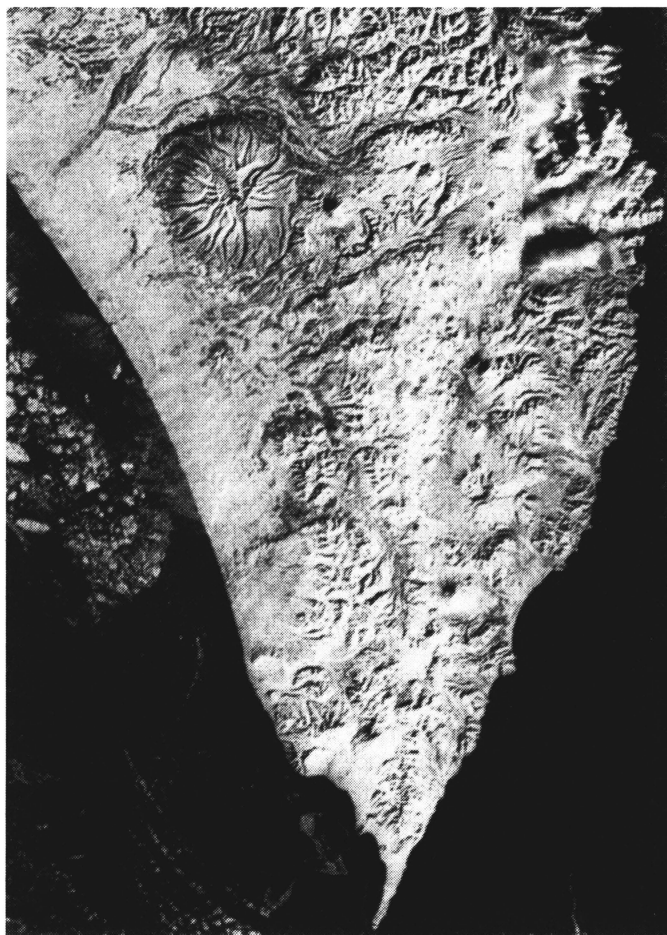
Эпицентры землетрясений располагались в основных сейсмически активных регионах России и в других сейсмоактивных регионах мира. На Дальнем Востоке зарегистри-

ровано 86 землетрясений (Камчатка – 50, Курилы, Сахалин, Охотское море – 21), на Кавказе – 15 землетрясений; в Прибайкалье и Забайкалье, Восточной Сибири – 16. В Тихоокеанском сейсмическом поясе, в который

Эпицентры сильных землетрясений на Камчатке за период 1900–1997 гг.

1 – магнитуда M 7.0–7.5 по шкале Рихтера; 2 – магнитуда M 7.6–8.5 по шкале Рихтера





Камчатка зимой. Космический снимок

включены такие сейсмически активные регионы как Алеуты, Япония, Индонезия, Филиппины, Марианские острова и др., произошло 57 землетрясений. В Центральной Азии, включающей бывшие республики Средней Азии, Афганистан, Индию, Китай, Пакистан, Иран – 52, в районе Средиземноморья (Италия, Греция, Эгейское море и др.) – 27, в Центральной, Южной Америке и в прилегающих акваториях Атлантического океана – 14 землетрясений.

Почти треть землетрясений имела магнитуду

$M \geq 6.5$, а несколько были разрушительными. Среди них наиболее трагичными по последствиям стали подземные толчки в Италии, Китае, Греции, Чили.

ЕВРОПЕЙСКИЕ КАТАСТРОФЫ

“Погибло более 10 человек, ранено 120, разрушены почти 90 тыс. домов, более 100 тыс. человек остались без крова...”. Так сообщалось о результатах сентябрьского землетрясения в Италии.

Серия ощутимых толчков произошла в центре страны 26-27 сентября и

6-7 октября. Наибольшие магнитуды составляли $M = 5.8-6.0$; сила толчков в эпицентре достигала 8-9 баллов по двенадцатибалльной шкале Меркалли. Пострадали провинции Умбрия, Марке и Тоскана, сильные повреждения отмечались в Ассизи. В соборе Святого Франциска, памятнике архитектуры XII в., появились трещины, высыпались кирпичи, полностью разрушен купол.

А в 250 км к юго-западу от Афин 13 октября произошло землетрясение с магнитудой $M = 6.3$, ощущавшееся в Греции и на о. Крит. Оно вызвало незначительные разрушения в южной части Пелопонесса. Населению полуострова было рекомендовано покинуть жилища.

ЮЖНАЯ АМЕРИКА И ЦЕНТРАЛЬНАЯ АЗИЯ

В Чили, на границе с Аргентиной, в 500 км севернее столицы страны Сантьяго, 15 октября сотрясение недр оценено магнитудой $M = 7.2$. В результате 8 человек погибли, сотни домов разрушены. Землетрясение ощущалось на большой территории, а в столице Аргентины – Буэнос-Айресе, расположенной в 1000 км от эпицентра, зафиксированы лишь легкие сотрясения.

Землетрясения Центральной Италии и Китая – гораздо меньшей магни-

туды по сравнению с Чилийским, однако проявления на поверхности были более сильными. Это связано прежде всего с тем, что Итальянские землетрясения случились в центре страны, в густо населенных областях и городах, землетрясение в Китае также произошло в пределах города. Очаги обоих землетрясений были близки к поверхности Земли. Очаг Чилийского землетрясения располагался в менее населенных районах и имел большую глубину очага. Заметим, что 8 ноября 1997 г. в Китае отмечено сильнейшее землетрясение с магнитудой $M = 7.8$, которое по своим размерам могло бы вызвать значительные повреждения и человеческие жертвы. Однако сообщений о разрушениях нет, оно прошло совершенно незамеченным, так как его эпицентр находился в Тибете, в ненаселенной горной местности.

Катастрофическим было землетрясение в Китае, в провинции Хэбэй (магнитуда $M = 6.2$) 10 января 1998 г. Его последствия, несмотря на умеренную магнитуду, значительны. В городе Чжанцзякоу, расположенном в 200 км к северо-западу от Пекина, более 80% зданий разрушены, погибли 47 человек, более 1000 ранены, более 10 тыс. человек остались без крова.



КАМЧАТСКАЯ СЕРИЯ

Полуостров Камчатка расположен в наиболее сейсмически активном Тихоокеанском поясе. Здесь ежедневно происходят землетрясения, пусть даже очень слабые, регистрируемые только высокочувствительными приборами. И на Камчатке регулярно работает Совет по прогнозу землетрясений и извержению вулканов, сформированный из сейсмологов и геофизиков Российской Академии наук. Согласно сообщению Совета, в 1997 г. неоднократно отмечалась повышенная сейсмическая активность, не исключающая возможность возникновения сильного землетрясения. В соответствии с долгосрочным прогнозом, построенным по методике академика РАН С.А. Федотова, в ближайшие 3-5 лет вероятность возникновения землетрясения с магниту-

дой $M \geq 7.5$ достаточно велика. В число наиболее опасных регионов попадал Кроноцкий залив, где и случилось землетрясение с магнитудой около 8.0. Перспективными оказались методы среднесрочного прогноза землетрясений, разрабатываемые в Объединенном Институте физики Земли РАН. Еще в начале 1997 г. группа сотрудников, возглавляемая членом-корреспондентом РАН Г.А. Соболевым, выделила район будущего землетрясения как наиболее вероятный. Аналогичный результат получен и в Федеральном центре прогноза землетрясений Геофизической службы РАН.

И вот наисильнейшее в 1997 г. землетрясение 5 декабря ($M = 7.9$) случилось вблизи восточного побережья Камчатки. В период с 1900 по 1997 г. цепочки эпицентров располагались вдоль восточ-

ного обрамления полуострова, вытянувшись в направлении простираения Курило-Камчатской дуги. Здесь, согласно современным геологическим и геофизическим представлениям, сталкиваются Евразийская и Тихоокеанская плиты литосферы, а земная кора и подстилающая ее верхняя мантия Земли испытывают наибольшие нагрузки и напряжения.

Декабрьское землетрясение континентального склона Курило-Камчатского глубоководного желоба в подводных условиях стало главным толч-

ком, сопровождавшимся многочисленными афтершоками: в течение двух суток с 5 по 7 декабря в очаговой зоне размерами 120 на 50 км последовала серия (больше 10) афтершоков ($M \geq 5.5$), среди которых магнитуды двух 6.5 и 6.8. Если бы очаг располагался на суше, то землетрясение могло бы стать катастрофическим по макросейсмическому эффекту, т.е. по проявлению на поверхности. Землетрясение ощущалось в городах Усть-Камчатске (силой 6 баллов) и в Петропавловске-Камчатском, расположенном в

300 км к юго-западу от эпицентра (силой 5 баллов). Многие из тех, кто находился внутри помещения, почувствовали легкие сотрясения зданий. Последние исследования в Российской Академии наук дают основание надеяться на достоверность не только долгосрочных сейсмических прогнозов, но и среднесрочных.

Л.С. ЧЕПКУНАС,

кандидат физико-математических наук

О.Е. СТАРОВОЙТ,

кандидат физико-математических наук

Геофизическая служба РАН

(г. Обнинск)

Информация

Биосфера – в недрах Земли

Еще в начале 90-х гг. в гранитных породах на Балтийском побережье Швеции на глубине почти 200 м в воде были обнаружены микроорганизмы с возрастом около 1,8 млрд лет. Но тогда возникло сомнение: не занесены ли эти организмы с поверхности при бурении.

В 1997 г. геологи из Гетеборгского университета (Швеция), возглавляемые Карстеном Педерсеном, изучили строение и содержание грунтовой колонки, поднятой в том же районе с глубины более 200 м. На полученных образцах обнаружен тонкий слой насыщенной водой глины из трещины глу-

бинных пород. Глина была покрыта слоем кальцита. Рассмотрение образцов под электронным микроскопом показало, что кальциты испещрены многочисленными следами микроскопических ископаемых организмов, вполне сходных с бактериями.

Очевидно, кальцитовый слой образован окаменелыми организмами. Более всего они сходны с клетками, населяющими и сейчас поверхностные геологические породы. Однако не представляется возможным идентифицировать найденных представителей жизни по одной лишь их форме.

Некоторые образцы кальцитов отличаются аномально низким содержанием стабильного изотопа углерода-13. А это – признак присутствия живых клеток. Содержание изотопа кислорода-18 варьирует. Следовательно, данные кальциты формировались в различное время. Один из образцов содержит изотоп в таком количестве, кото-

рое встречается лишь в океанических водах и не наблюдается в породах, сформировавшихся за последние 115 тыс. лет.

Не случайно эти работы субсидировались шведской компанией по захоронению отходов атомной промышленности. Специалисты и общественность уже не раз высказывали опасения, что глубинные организмы могут разносить радиоактивность из подземных хранилищ в недрах, в том числе, и в подпочвенных водах.

Исследования глубинной биосферы привлекали к себе внимание и планетологов. Если микроорганизмы могут существовать в земных недрах, то не исключено, что они будут обнаружены на Марсе, в поверхностном его слое и на более значительных глубинах.

Geology, 1997, 25, 827
New Scientist, 1997, 155, 6

Вулкан “проснулся” через 70 лет

Над столицей Мексики 30 июня 1997 г. простерлась туча, принесяшая совсем не дождь. Улицы крупнейшего города мира оказались под пеплопадом. Этим вулкан Попокатепетль, вздымающийся на высоту 5452 м над уровнем моря, заявил о начале извержения, сравнимого по силе лишь с тем, что произошло в 1927 г. Тогда сильнейшее извержение завершилось взрывом, уничтожившим старый кратерный конус и образовавшим новый. Первые же признаки извержения появились за 8 лет до завершающего взрыва.

Конечно, и раньше были извержения Попокатепетля. Так, 23 тысячи лет назад гигантской силы извержение полностью разрушило вулкан. Потом гора снова выросла в результате множества извержений, семь из которых считаются катастрофическими. Археологические раскопки установили, что около 3-2-го тысячелетий до н.э. поселения людей были засыпаны вулканическим пеплом.

Пробуждение Попокатепетля после 70-летнего периода покоя началось в 1993 г.: нарастало число слабых подземных толчков, сопровождавшихся выбросом газовых струй. В конце 1994 г. активность заметно возросла, и 21 дека-



бря впервые послышались звуки сильных взрывов в кратере. Ветер донес облако пепла до города Пуэбло, а оттуда пришлось эвакуировать 75 тыс. человек. Пульсирующие выбросы пепла, продолжавшиеся по 5-20 мин, несколько раз в сутки, наблюдались в течение всего 1995 г. В марте следующего года обнаружилось, что на дне главного кратера растет новый лавовый купол. Свежая лава заполнила собой одну пятую объема кратера.

В апреле 1996 г. произошла трагедия: пятеро альпинистов, пренебравших предупреждением, добрались до кромки кратера, чтобы сфотографировать его, но погибли при сравнительно небольшом взрыве. В 1997 г. было видно, как по верхним склонам горы раз

Начало извержения крупнейшего вулкана Мексики Попокатепетль в конце июня 1997 г.

за разом скатывались сверкающие комья лавы.

В зоне, которая может оказаться очень опасной, живет сейчас более 100 тыс. человек, а в немногочисленной угрожаемой области радиусом 80 км – почти 20 млн.

Существующий сейчас купол уже превзошел размерами тот, что сформировался к 1927 г. Точно прогнозировать дальнейшее поведение Попокатепетля пока невозможно.

Nature, 1997, 386, 227

ДОРОГИЕ ЧИТАТЕЛИ!

Не забыли ли вы подписаться на II полугодие 1998 года на журнал “Земля и Вселенная”?

Напоминаем, что индекс журнала 70336. Вы сможете найти “Землю и Вселенную” в “Объединенном каталоге” подписных изданий России на 1998 год.

Буйства стихии

(хроника опасных явлений погоды на территории России в 1997 г. и в начале 1998 г.)

1997 г. на территории России характеризовался **положительными аномалиями температурного режима**. С ноября по март 1996-97 гг. средняя температура воздуха была на 2,1° выше нормы, что позволило сэкономить в стране 19 млн т условного топлива во время отопительного периода. Наиболее значительные положительные аномальные температуры на всей территории России наблюдались в период с **февраля по апрель** (в апреле в Таймырском и Эвенкийском автономных округах аномалии температуры составили более 10°).

В 1997 г. наблюдалось на территории Российской Федерации **150 стихийных гидрометеорологических явлений**. Стихия погубила 18 человек, 5 человек получили ранения.

Крайне неблагоприятная обстановка в распределении полей **общего содержания озона** отмечалась в первом полуго-

дии 1997 г. над **Восточной Сибирью**. Там, начиная со второй половины февраля, развивалась область пониженного значения ОСО, достигая к концу месяца 30%, а в конце марта над северными районами Якутии отклонения от климатической нормы достигали 40%. В течение апреля ситуация не улучшилась. По интенсивности и продолжительности эту аномалию над Восточной Сибирью специалисты квалифицировали как **беспрецедентную за все время наблюдений** над обитаемыми территориями. Аномально низкие значения ОСО (–20, –30%) отмечались в отдельные дни марта, апреля и мая на европейской территории России и над югом Западной Сибири (Земля и Вселенная, 1997, № 4).

Наибольший ущерб отраслям экономики нанесли следующие гидрометеорологические явления, о которых мы расскажем.

1 февраля в **Краснодарском крае** и Республике Адыгея отмечалось сильное сложное **гололедное отложение** (до 70 мм). В результате в г. Сочи нарушалось электроснабжение и связь, были повреждены несколько ЛЭП, на автотрассе Сочи–Туапсе прекращалось дорожное движение. Ущерб по Адыгее составил 52,5 млрд рублей, по району Сочи – 127 млрд рублей.

17 февраля на **Сахалине** прошел сильный снег с метелью, порывистым ветром до 30 м/с, в горах сходили **снежные лавины**. В результате из-за сильных заносов приостанавливалось движение на автомобильных трассах и железной дороге; 2 суток был закрыт аэропорт в Южно-Сахалинске. Всего в горах Сахалина сошло 88 лавин, под лавину попало 14 человек (1 погиб).

В горных районах **Камчатки** **снегозапасы превысили норму в 2 раза**, что обусловило интенсив-

ную лавинную опасность. 19-20 февраля в бассейнах рек Авача, Паратунка и Плотникова сошло 19 лавин. 28-29 февраля в юго-восточных районах сошло 18 лавин суммарным объемом 10 млн 460 тыс м³, в том числе самая крупная когда-либо отмеченная в России лавина – 4 млн м³ длиной 7 км.

11-12 апреля в Краснодарском крае и **Ростовской области ветер усиливался до 25-35 м/с**. В г. Таганроге порывы достигали 43 м/с. В Ростовской области повреждено 175 км линий электропередач и связи, без электроэнергии оставались 95 населенных пунктов и 34 хозяйства. В Краснодарском крае повреждено 100 тыс га с/х культур и трав. В порту Новороссийск сели на мель 4 судна, работали аварийные бригады энергетиков, газозащитников, транспортников.

11-13 апреля на устьевом участке р. Дон и в Таганрогском заливе произошёл ветровой нагон. Максимальные уровни воды достигали: в Азове – 752 см, в Таганроге – 804 см (впервые за период наблюдений с 1881 г.). Затоплено 36 населенных пунктов, повреждено 898 жилых домов, из них 68 полностью разрушено, и 202 административных здания, 4 моста, 126 км автодорог, 2 плотины, 627 км линий электропередач, 134 км линий связи. Затоплено 4706 га сельскохозяйственных угодий. Выведено из строя 25 рыболовецких судов, 2 из них затонули на верфи г. Та-

ганрога. На железнодорожном участке Ростов–Таганрог размыта земляная насыпь, на сутки останавливалось движение поездов.

В апреле из-за весеннего **половодья** в ряде областей отмечалось подтопление населенных пунктов и хозяйственных объектов, в **Алтайском крае** были размыты отдельные участки дорог. В **Красноярском крае** от затора льда на Енисее полностью затапливалось Зотино, было вывезено 700 человек, имелись жертвы.

В период с 1 по 13 мая в **Забайкалье** полыхали лесные пожары. В Читинской области зафиксировано **983 очага пожаров** на площади 44 617 га (лесные) и 23 998 га (степные). В результате погибло 4 человека.

Из-за весеннего **половодья** с 10 по 23 мая в **Архангельской области** в зоне затопления оказались 568 построек жилого фонда, 60 хозяйственных объектов, подтоплено 140 км дорог местного значения, повреждено 8 мостов, эвакуировано 1972 человека, жертв нет.

2 и 3 июня в **Пензенской области** прошел **сильный дождь**, ветер усиливался до 24 м/с. Пострадало около 15 населенных пунктов, была нарушена связь и подача электроэнергии; в Пачелском районе повален лес на площади 12 га. 8 июня вновь в области прошел мощный ливень. Были разрушены земляные плотины, смыты сельско-

хозяйственные посевы на площади 500 га, размыты дороги, подтоплено несколько жилых домов, повреждены местные линии электропередач и связи.

2 июля в Оренбургской области наблюдался интенсивный дождь, сопровождавшийся порывистым ветром до 25 м/с и градом (диаметр до 25 мм). Были повреждены большие площади сельскохозяйственных культур, животноводческие комплексы и частные строения, уничтожено 2328 га с/х культур и насаждений.

5-6 июля в **Новосибирской, Томской, Кемеровской областях и Алтайском крае усиливался ветер до 25-30 м/с** (в Благовещенске до 36 м/с), выпал град, нанесший ущерб жилым и хозяйственным постройкам, сельхозугодиям. В Ахтинском районе из-за паводка и селевого потока были разрушены мосты и жилые дома, размыты дороги, снесена погранзаграда, разрушены линии электропередач и связи, водозаборные сооружения, подтоплены сельхозугодия, заилены оросительные системы, погибло 3 человека.

В **Алтайском крае** из-за **засухи** на 40% площади полей состояние яровых культур оценивалось как плохое и очень плохое. Около 1 млн га посевных площадей практически оказались бесплодными. 1-10 августа на юге **Хабаровского края шли дожди**, вызвавшие подъем уровней воды. В районе им. Лазо в воде ока-

зались 52 населенных пункта, затопило около 800 домов. В Вяземском районе разрушена дамба, затоплено 80 домов.

Сильный **дождь и град** 4 августа в **Ставропольском крае** привели к подтоплению 800 домов, повреждению 6 000 га посевов, из строя вышли 9 км автодороги, 40 м газопровода и 1,3 тыс га сельхозкультур.

22 августа в Краснодарском крае прошел **дождь, на реках черноморского побережья** наблюдались **дождевые паводки**. В г. Сочи было уничтожено 200 м береговых укреплений завода стройматериалов, вода вышла на улицы (толщина слоя составляла 20-40 см), разрушено 3 дома, смыто несколько дач, прервано электроснабжение нескольких сел. В Дагомысе подтапливались жилые дома, были отключены электротрансформаторные подстанции, повреждено 50 м газопровода. В результате паводка на реках Краснодарского края 1 сентября пострадали некоторые населенные пункты, подтапливалось 230 домов, 320 га сельхозугодий. 25-26 октября на реках Краснодарского края повторились дождевые паводки. Была залита водой, а в некоторых местах прорвана, плотина Краснополянской ГЭС; залита водой автотрасса Адлер-Красная Поляна; отключалась Майкопская ГЭС; подтапливался пос. Победа (эвакуировано 60 семей). В ст. Северская подтоплено 1000 домов, 2

дома разрушены, подтоплено 150 м автотрассы Краснодар – Новороссийск.

21-23 ноября прошел **сильный дождь на Курильских островах**. В г. Курильск подтапливались жилые дома и производственные помещения, в районных поселках размывались дороги, было повреждено несколько мостов, выведено из строя водоснабжение, эвакуировано 278 человек.

26-27 ноября в Западной Сибири, Новосибирской, Томской, Кемеровской областях и Алтайском крае прошел **снег, метель**, усиливался ветер до 24 м/с (в Алтайском крае и Кемеровской области до 25-34 м/с), резко понизилась температура (более чем на 20° за сутки). Нарушалась телефонная связь, в отдельных селах с домов сорваны крыши, отмечен рост дорожно-транспортных происшествий, отменялись рейсы междугородных автобусов. В Кемеровской области из-за сильных морозов останавливалась работа котельных, выходили из строя теплосети.

15-18 декабря на Северном Кавказе сильно похолодало, шел снег, температура ночью понижалась до -13... -23°С. В Ставрополье прекращалось теплоснабжение. В Ростовской области на несколько часов закрывались дороги для расчистки, из-за чего стояли грузовые машины и 1 автобус (пассажиры были расселены). В Октябрьском районе не работало

несколько котельных, не отапливалось 50 домов (18 декабря люди были эвакуированы); не разводился мост через Дон, что привело к простоям 50 судов. В Дагестане произошло снижение производительности газопровода. 39 котельных Махачкалы работали на 30%, 6 котельных отключались полностью. Подача газа была ограничена, а в некоторых городах отключена, резко осложнилась работа энергетиков.

16-17 декабря на **черноморском побережье Краснодарского края** свирепствовали **ураганы**. Ветер усиливался до 20-25 м/с, в Новороссийске – до 39 м/с (в порту порывы достигали 45-52 м/с), в Геленджике – до 47 м/с. Ветер оборвал ЛЭП, в результате отключалась электроэнергия, нарушалось теплоснабжение. В Новороссийске возле причала перевернулся сейнер, одно судно было оторвано от причала и село на мель, сброшены в море 4 крана; в городе повалены деревья, сорваны крыши, отключена электроэнергия и частично газоснабжение, погибло 3 человека. Ущерб в Новороссийске составил 49 млрд рублей.

Январь 1998 г.

1 января в Тайгоносе (**Магаданская обл.**) свирепствовал ураган, порывы ветра достигали 36-39 м/с. Ураган сопровождался снегом и метелью, видимость ухудшалась до 470 м. Была сорвана антенна и сломана мачта. 4 января в акватории Петропавловского морского

порта (Камчатка) – не-
обычно **сильный снего-
пад**. 10 января в порту г.
Туапсе отмечался силь-
ный ветер-тягун. Приш-
лось вывести на внешний
рейд 5 судов, установить
дежурство буксиров. В те
же дни, 10-11 января в
Волго-Вятском районе и
на севере Костромской
области резко похолода-
ло (ночью до $-22, -26^{\circ}\text{C}$),
в Рязанской, Владимир-
ской и Ивановской обла-
стях похолодало ночью до
 $-10, -16^{\circ}\text{C}$.

10-11 января в Туапсе
в результате оползней
был нанесен ущерб жи-
лым домам, нефтепрово-
ду. 11-17 января в запад-
ных и южных районах Ир-
кутской области отмеча-

лись **низкие температу-
ры** (ночью местами до
 $-40, -43^{\circ}\text{C}$). В отдельных
районных центрах возни-
кали трудности по обес-
печению населения теп-
лом. Из-за перегрузки
электрических сетей в
ряде районов Иркутска
отключалась электро-
энергия. 13 января с юго-
юго-западного склона пи-
ка Терскол **Кабардино-
Балкарии** сошла **лавина
объемом 500 м³**. 19 янва-
ря на **Сахалине** прошел
снег с метелью и порыва-
ми ветра до 30 м/с. А че-
рез три дня, 22 января по-
сле длительной оттепели
наступило **похолодание
в Карелии**.

22 января в **районе
Воркуты** отмечалась

сильная метель, порывы
ветра достигали 15-24
м/с, видимость ухудша-
лась до 200 м. В городе
работал штаб по борьбе
со стихией, организована
расчистка дорог. Наруша-
лось автобусное движе-
ние, по городскому марш-
руту оно происходило в
сопровождении снегоочи-
стительной техники.

22 января в **Мурман-
ской области усиливал-
ся ветер** до 18-23 м/с, в
районе Мончегорска – до
33 м/с. Ветром с отдель-
ных домов были сорваны
шиферные крыши, выби-
ты окна, повалены опоры.

*Материал предоставлен
Росгидрометом*

Информация

“Ураганы” в недрах Земли

Научные сотрудники Универ-
ситета им. Джона Гопкинса в Бал-
тиморе (штат Мэриленд, США)
Д. Орну и др. исследовали причи-
ны открытого в 1996 г. сейсмиче-
скими методами явления. Соглас-
но ему, внутреннее ядро Земли
вращается быстрее, чем вся ос-
тальная часть планеты.

“Сердцевина” (внутреннее яд-
ро) Земли сложена железом в
твердой фазе, а окружена жидким
сплавом железа с другими метал-
лами. По мнению исследователей,
конвекционные потоки, которые
перемещивают вещества внешней
части ядра, играют решающую

роль в ускорении вращения внут-
реннего ядра.

Построена теоретическая мо-
дель, описывающая течения во
внешнем ядре. Согласно ей, вра-
щение Земли разделяет жидкости
внешнего ядра на две цилиндриче-
ской формы области, между кото-
рыми существует барьер также
цилиндрической формы. В его
пределах остается внутреннее яд-
ро, жидкость с более низкой тем-
пературой окружает ее, а разогре-
тые сплавы образуют внешнюю
сферу. Вследствие повышенной
температуры жидкость внутри ци-
линдра вращается подобно горяче-
му воздуху во время тропических
штормов. Возникает структура,
сходная с ураганом в атмосфере
планеты. Во вращающемся быст-
рее Земли в жидком ядре возника-
ют воронки насыщенной железом
жидкости, которые генерируют
электромагнитное поле. Оно и за-
ставляет внутреннее ядро вра-

щаться с увеличенной скоростью.

Ранее была выдвинута гипоте-
за, объясняющая “ураганы” в не-
драх Земли уменьшением скоро-
сти вращения планеты в результа-
те трения, связанного с притяже-
нием Луны. Но для проникновения
отрицательного ускорения сквозь
жидкую область внешнего ядра
необходимо определенное время.
Поэтому торможение внутреннего
ядра может отставать от темпов
замедления вращения всей плане-
ты в целом. Этот процесс происхо-
дит, но, как считают авторы новой
гипотезы, электромагнитное за-
медление существенно сильнее.
Поэтому именно оно должно в ос-
новном контролировать движение
внутреннего ядра Земли.

Geophysical Research Letters,
1996, 15,
Science News, 1996, 150, 367

Сценарии нашего космического будущего

Парадоксальным образом динамичное развитие современной цивилизации сочетается с прогнозами, согласно которым человечеству уже в ближайшем будущем грозит жестокий кризис, способный поставить его на грань выживания. Зловещее дыхание этого кризиса мы чувствуем и сейчас. Обострение глобальных проблем (энергетической, экологической, демографической и многих других) буквально

навязывает необходимость выполнения серьезных решений. Согласно одному из “модных” в наши дни проектов, для перехода к “устойчивому развитию” необходимо: во-первых, сократить численность населения Земли в 6 раз — до 1 млрд человек; во-вторых, навсегда закрепить разрыв между индустриальными и развивающимися странами за счет отказа последних от научно-технического прогресса; в-третьих, резко изменить “потребительский образ жизни”. Еще дальше идут проекты, основанные на различных вариантах глубинной экологии. Они включают полный пересмотр ценностных ориентаций техногенной цивилизации, в том числе принципа “власти” человека над природой, обосновывающего “право” на ее эксплуатацию и т.п. Все эти, как и множество других проектов, приходят в противоречие с императивом выживания человечества.

Ни один из сколько-нибудь признанных проектов выхода из глобального кризиса не включает в себя освоение космоса. Между тем, подчеркивает Л.В. Лесков в своей книге (“Космическое будущее человечества”, Москва, ИТАР ТАСС, Ассоциация “Экология непознанного”, 1996), космизация человеческой деятельности — реальная альтернатива многим утопическим проектам. В книге убедительно показано, что без выхода человечества в космос глобальный кризис непреодолим. Другое дело, каков спектр наиболее эффективных сценариев космической деятельности. Анализ этих сценариев, проводимый в тесной связи с решением “геоцентрических” проблем техногенной цивилиза-

АССОЦИАЦИЯ “ЭКОЛОГИЯ НЕПОЗНАННОГО”

Леонид Лесков

КОСМИЧЕСКОЕ БУДУЩЕЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА



Москва
1996

ции, — одна из наиболее ценных черт книги Л.В. Лескова.

“Уже сегодня ясно, — пишет автор, — что цивилизация потребления с ее приматом материальных интересов не имеет будущего. Однако, к сожалению, не ясно, что надо делать, чтобы избежать этой губительной ловушки”. В поисках ответа Л.В. Лесков подробно излагает философские концепции русских космистов — Н.Ф. Федорова, К.Э. Циолковского, В.И. Вернадского, А.Л. Чижевского. А также взгляды других выдающихся мыслителей, которых относят к числу космистов без достаточных оснований: В.С. Соловьева, Н.А. Бердяева и С.Н. Булгакова. Должен ли человек осваивать космос с целью расширения своей экологической ниши, сможет ли он сохранить свой биологический облик, или ему уготована судьба в ходе космической экспансии стать неким постчеловеком? В философии общего дела Н.Ф. Федорова, космической философии К.Э. Циолковского и некоторых других версиях русского космизма высказано много мировоззренчески значимых идей по этим вопросам.

Но не оказываются ли проекты космического будущего человечества, принадлежащие великим космистам, еще более утопическими, чем, например, мрачная концепция “золотого миллиарда” обитателей Земли? Л.В. Лесков анализирует эту проблему с точки зрения выдвинутого им варианта неклассической прогностики. В основе применяемого метода лежит синергетический стиль научного мышления, который выражает вероятностное видение мира и системный подход к исследуемым объектам. Футурологические методы автора связаны с применением теории самоорганизующихся систем. Поведение таких систем описывается нелинейными моделями, эволюция которых, определяемая набором потенциально вероятных тенденций (трендов), необратима и многовариантна. Она проходит через кризисные точки (бифуркации), в которых система выбирает свое дальнейшее поведение под влиянием случайных факторов. Это и отличает неклассическую прогностику от классической, считающей, что будущее как бы предопределено настоящим.

Прогнозные сценарии космического будущего человечества Л.В. Лесков разрабатывает в контексте концепции ноосферы. Она вызывает, как известно, много споров. У нее есть и сторонники (к числу которых принадлежит автор книги) и противники (их взгляды в книге также упомянуты). Разброс оценок концепции очень велик. Одни ее считают сродни величайшим достижениям науки XX в. (наряду с теорией относительности и квантовой механикой), другие — утопией (термин, который, увы, постоянно приходится использовать при рассмотрении футурологических проектов, включая космические). К сожалению, за рубежом концепция ноосферы мало известна и в прогнозировании практически не используется. Напротив, Л.В. Лесков рассматривает космическое будущее человечества как процесс экспансии земной ноосферы (упомяная и о возможности ее контактов с другими космическими ноосферами).

Ноосферная модель устойчивого развития, согласно Л.В. Лескову, включает в себя космический императив, т.е. космизация человеческой деятельности выступает одним из аспектов построения ноосферы. Автор отмечает следующие направления этого процесса: а) строительство общечеловеческого информационного космоса (при бережном сохранении традиций национальных культур); б) космическая индустриализация; в) использование достижений космической отрасли в экономике; г) социокультурная сфера — организация с помощью космонавтики на новых принципах многих видов производственной деятельности (здравоохранения, образования и просвещения, культурных акций, космической экологии и др.); д) привлечение иностранных инвестиций (что особенно существенно для России). Необходимо учитывать, что сейчас совершается переход от военно-политического противостояния в космосе к решению социально-экономических и культурных задач. Поэтому различные аспекты, связанные с индустриализацией космоса, излагаются особенно подробно. Автор прогнозирует развитие космических транспортных систем, энергосистем, машиностроения, изоляции радиоактивных отходов. Он также намечает основные направления космической экологии, обсуждает проб-

лемы глобальной защиты от астероидно-метеоритной опасности. Следует заметить, однако, что все эти направления космической деятельности вовсе не связаны напрямую с концепцией ноосферы. Они проектируются и на отличных от ноосферного сценария основаниях. Этот сценарий становится существенным при анализе более сложных и неоднозначных проблем, возникающих при футурологическом прогнозировании.

Л.В. Лесков выдвигает двенадцать “виртуальных сценариев” мировой истории XXI в., которые он считает альтернативными, и намечает место космической деятельности в рамках каждого из них. Сценарии перечисляются в такой последовательности:

- 1) глобальный ядерный конфликт,
- 2) демографический и экологический кризис,
- 3) “удар биосферы по паразитическому виду *“homo sapiens”* (включение малоизвестных защитных механизмов биосферы, способных либо резко сократить численность населения Земли, либо изменить геном человека, снизив его репродуктивный потенциал),
- 4) цивилизационный разлом мирового сообщества (конфликт Север–Юг и др.),
- 5) утрата мировым сообществом целостности (нечто аналогичное распаду Римской империи),
- 6) торжество “западничества”, т.е. ценностей западной цивилизации,
- 7) космизация экономики Земли – сценарий, близкий к тому, который разрабатывал К.Э. Циолковский. В частности, на космических орбитах, на Луне и на планетах начнется сооружение технополисов и энергопроизводящих баз,
- 8) “свертывание” земной цивилизации, то есть, сокращение численности населения Земли до 0,5–1 млрд человек,
- 9) ноокосмическая революция – принятие разработанной автором ноокосмической парадигмы, основанной на учете достижений в области квантового вакуума. (Она открывает перспективы разработки схем принципиально новых технологических процессов, содействующих “устойчивому самодвижению ноосферы”. Основной функцией мыслящего духа в каком-то отдаленном будущем может стать роль Конструктора миров, индуцирование

контактов с внеземными цивилизациями.),

10) автоэволюция вида *“homo sapiens”* как естественное продолжение модели ноокосмической революции,

11) космическая катастрофа Земли,

12) гетерономная (согласованная) эволюция, – сценарий, который будет реализован, если в XXI в. человечество установит контакты с внеземными цивилизациями...

Космическое будущее человечества оказывается совершенно различным в контексте каждого из этих сценариев. Например, роль космических систем будет минимальна, если осуществляются сценарии 2, 3, 5, 8, и весьма велика в сценариях 1, 6, 7, 9, 12.

Автор приводит оценки вероятности каждого из перечисленных сценариев для двух эпох: 2000–2040 г. и 2040–2100 г. Для первой из них наиболее вероятными оказываются сценарии: 2 (15%), 4 (15%), 5 (15%), 6 (15%), 8 и 9 (по 15%), тогда как вероятность сценариев 1, 10, 11, 12 близка к нулю. Для второй эпохи особенно значим сценарий 9 (40%), вес других значительно меньше.

Исследования Л.В. Лескова приводят к очень низкой оценке вероятности сценария 7, близкого к идеям К.Э. Циолковского: 5% для первой эпохи и 10% для второй. Речь идет, напомним, о проектах переселения в космос значительных масс людей, создания “космических колоний”. Может быть поэтому в книге вовсе не упоминаются известные проекты создания поселений в космосе, разработанные О’Нейлом (Земля и Вселенная, 1997, № 1). Представляется, что их в любом случае следовало бы изложить, хотя бы кратко.

Л.В. Лесков разбирает феномен антикосмизма, который за последнее время проявляется все более открыто, особенно у нас в России. Общее для всех антикосмистов – призывы отказаться от освоения космоса. Космизм рассматривается как антиэкологичный и антигуманный по своей сути, а космонавтика – как тупиковое направление человеческой деятельности, ведущее не к разрешению глобальных проблем, а напротив – к глобальному коллапсу и неминуемой гибели. Автор называет аргументацию антикосмистов “плодом недоразумения”. Такая оценка может

показаться излишне жесткой, поскольку некоторые из доводов антикосмистов способны содействовать гуманизации космической деятельности.

В книге обсуждаются и некоторые общие проблемы, связанные с основной темой, но все же выходящие за ее рамки. Эти проблемы, которые сейчас затрагиваются постоянно, о чем бы ни шла речь, касаются роли науки и научно-технического прогресса в современной культуре, взаимоотношения с христианством. Автор отмечает, что выдвигается все больше предложений о синтезе религии, философии, науки и искусства, в которых догматы веры должны доминировать. К подобным предложениям Л.В. Лесков относится негативно, высоко оценивая роль научной рациональности. Так, он считает "безответственными, непродуманными программы ликвидации глобального кризиса, основанные на современных версиях теоантропocosмизма, т.е. представление об универсальной связи Бога, человека и космоса".

По мнению автора, несостоятельны "попытки научно обосновать бытие Божие и на этом фундаменте строить футурологические сценарии, которые были бы согласованы с высшими принципами эволюции космоса". Неверно, по мнению автора, что только христианство обладает положительным идеалом, создающим импульсы для преобразования человека и социума. "Основное возражение очевидно: христианству не хватило двух тысяч лет для того, чтобы справиться с решением этой задачи". Тем не менее, структурный параллелизм между фундаментальными принципами физики и мировыми религиями позволяет науке заимствовать ряд идей, развивающихся в трудах богословов. Но это не касается идеи сотворения мира. Соответствующая богословская аргументация критически разобрана и отвергнута в книге. Несмотря на глубокие расхождения науки и религии автор справедливо считает, что диалог между ними "возможен и необходим, потому что в конечном счете у них есть общая цель – спасение человека, предотвращение глобальной космической катастрофы".

Книга Л.В. Лескова, популярно излагающая итоги обширных исследований проб-

лемы космического будущего человечества, заполняет существовавший до сих пор пробел в этой области. Конечно, далеко не все утверждения автора бесспорны. Например, вызывает некоторые возражения характеристика этических взглядов К.Э. Циолковского. Нельзя согласиться также с интерпретацией роли Бога в его философской системе. Вопреки мнению автора, "Причина Вселенной" у К.Э. Циолковского близка пониманию Бога как творца всего сущего. Но ведь Циолковский признавал богов различных "рангов", включая "президентов" планет, галактик, эфирных островов (метегалактик). Богом он считал и космос, что соответствует идеям пантеизма. Следовательно, в космической философии понятие Бога употребляется в различных, нередко взаимоисключающих смыслах.

Далее, нельзя не считаться с тем, что высказываются разные оценки временных границ применимости методов неклассической прогностики. По мнению Н.Н. Моисеева, они не превышают 20 лет. Не все рассматриваемые автором сценарии будущего альтернативны, что, впрочем, вытекает и из собственных его рассуждений. Основное замечание состоит, пожалуй, в том, что ноокосмическая парадигма, с которой автор связывает надежду на решение глобальных проблем, изложена лишь в самых общих чертах. Насколько она окажется эффективной в качестве "антиутопического" сценария человеческого будущего, остается пока неясным.

Отметим также, что некоторые соображения высказаны излишне категорично. Идеи и концепции, с которыми автор не согласен, часто объявляются плодом недоразумения или ошибки. Наконец, недостаточно учтен массив современных зарубежных исследований по обсуждаемым проблемам.

Отмеченные недостатки не умаляют достоинств книги. Она очень содержательна и, наверняка, представит интерес для многих любознательных читателей.

*В.В. КАЗЮТИНСКИЙ,
академик Академии космонавтики
им. К.Э. Циолковского*

Энциклопедия для детей

Издательство “Аванта+” выпустило в свет очередной, восьмой том “Энциклопедии для детей” – “Астрономия”. Это – самое полное издание по астрономии за последние несколько десятилетий, адресованное не только детям, но и взрослым, сохранившим детский интерес к знаниям и пытливость ума.

В книге шесть разделов. Первый – “Человек открывает Вселенную”. История астрономии от “наших далеких предков” и до “вступления в XXI век”. Очень много персоналий (от Фалеса до И.С. Шкловского). Это самый большой раздел энциклопедии – он занимает 210 стр. из 700.

“Звездное небо над нами”. Описание светил, их видимых движений, небесных явлений. Здесь же – методы наблюдений и рекомендации для начинающих любителей астрономии. А также “время, его измерение и хранение”.

“Как астрономы изучают Вселенную”. Небесные тела сообщают о себе электромагнитным излучением, своим гравитационным полем и т.д. Долгое время астрономы ограничивались изучением лишь той части их излучения, которая могла пробиться сквозь атмосферу. И только с началом космической эры, когда стало возможным размещать астрономические инструменты на спутниках, появилась “рентгеновская и гам-



ма-астрономия”, мы узнали, как выглядит “инфракрасная и ультрафиолетовая Вселенная”. И смогли осуществить “космические экспедиции по Солнечной системе”. Но в этом разделе не забыли рассказать и о новых достижениях в наблюдениях с обычными оптическими телескопами.

“Среди звезд и галактик”. В этом разделе звезды уже не просто светящиеся точки на небе, они – физические объекты сложной природы, весьма различающиеся по своим свойствам, рождающиеся и развивающиеся. В пространстве они формируют звездные острова – галактики. Одна из них “Млечный Путь – наша Галактика”. В ней находится наше Солнце. Галактики – не просто механические объединения звезд, в них происходят сложные процессы, иногда сопровождающиеся колоссальными выделениями энергии. Астрономы только начали постигать эти явления.

“Солнечная система”. В нее входит Солнце – единственная звезда, которую мы можем изу-

чать вблизи, большие планеты и малые тела Солнечной системы. В последнее время очень быстро возрастает объем информации о членах солнечной семьи. И все это успело попасть в наш том.

Последний, шестой раздел: “Вселенная в прошлом, настоящем и будущем”. Здесь освещены две темы, как правило, вызывающие наибольший интерес у читателей: какова судьба Вселенной и одиноки ли мы во Вселенной.

“Дополнительная информация” выделена цветом, ее тексты – самостоятельные сюжеты, сообщающие множество интересных деталей.

Том содержит оригинальные рисунки художников, компьютерную графику, множество фотографий, в том числе полученных с помощью Космического телескопа им. Хаббла. Рисунки радуют глаз и помогают понять содержание статей.

Над томом работал большой коллектив ученых, среди которых много постоянных авторов “Земли и Вселенной”: А.Г. Масевич, А.И. Еремеева, В.А. Бронштэн, В.Г. Сурдин, А.В. Засов.

Книга поможет старшим школьникам, если они захотят узнать больше, чем написано в учебниках, или подготовить реферат. А их учителя найдут в нем массу полезного материала, который поможет сделать интересным любой школьный урок. Без сомнения, книга будет полезна любителям астрономии, руководителям кружков и лекторам планетариев. Она привлечет свежие силы в ряды многочисленной армии любителей астрономии.

Указатель статей, опубликованных в журнале "Земля и Вселенная" в разделе "Астрономическое образование" в 1965-97 гг.

Айрапетян В.С. Программы для кружков по астрономии и космонавтике	1988, 2	Гаген-Торн В.А. Пленум СПАК на Украине	1984, 1
Амбарцумян В.А., Соболев В.В. На уроке – Вселенная	1985, 4	Гершберг Р.Е. Школа по наблюдательной астрофизике	1987, 3
Андронов И.Л., Менченкова Е.В. Одесская заочная астрономическая школа	1986, 4	Гуртовенко Э.А. Необходимо решать проблемы астрономического образования	1986, 6
Артемов А.В., Куров И.Е., Радзиевский В.В. Собрание учебно-методического актива ВАГО	1987, 1	Дагаев М.М. Назревшие вопросы общего астрономического образования	1965, 3
Барков А.П. Учителя астрономии учатся	1976, 3	Дагаев М.М., Засов А.В., Кононович Э.В., Щеглов П.В. Проект школьной программы по астрономии	1978, 4
Бернхард Х. Астрономия в политехнической средней школе ГДР	1979, 1	Дагаев М.М., Фирчук П.Я. Знают ли астрономию выпускники средних школ?	1985, 2
Богинский В.М., Мышецкая Е.Н., Новиков С.В. Наглядное картографическое пособие	1988, 6	Дивинский М.Л. Итоги олимпиады в Киеве и астрономическое образование	1975, 3
Болеев К.Б., Тулегенов Ш. Воспитывать воинствующих атеистов	1976, 6	Дивинский М.Л. Научные конференции школьников Киева и эффективность астрономического образования	1976, 5
Брун А.А., Гобецкий А.В., Нехлебова И.Н., Салатов С.А. Куда пойти учиться любителю астрономии	1988, 3	Доманский И., Зинковский В.И., Штефл В. Как знают астрономию школьники разных стран	1992, 2
Вадимова И. Первая школьная обсерватория в Латвии	1989, 6	Енькова О.Ф. Вопросы мироздания – основное содержание школьной астрономии	1965, 6
Витязев В.В. Пленум СПАК в Алма-Ате	1986, 1	Засов А.В. Обсуждаем программу школьного курса астрономии	1976, 4
Витязев В.В. Пленум СПАК в Николаеве	1988, 1	Засов А.В. Обсуждается подготовка астрономических кадров	1993, 6
Витязев В.В. Пленум СПАК в Вологде	1989, 2	Зигель Ф.Ю. Об астрономии в школе будущего	1975, 6
Витязев В.В. Пленум СПАК в Ленинграде	1990, 6	Ильевский И.Д. О преподавании школьного курса астрономии	1965, 6
Волинский Б.А. Астрономия в подготовке учителей географии	1974, 3	Ильевский И.Д. Собрание преподавателей астрономии Украины	1974, 5
Воронцов-Вельяминов Б.А. Роль программы в улучшении преподавания астрономии	1976, 6	Ильевский И.Д. Своевременность обсуждения будущего курса астрономии	1975, 4
Гаврилов М.Г. Российская осенняя астрономическая школа в САО	1995, 3	Калиненко Н.Д. Обсерватория Николаевского пединститута	1987, 2
Гаврилов М.Г. Вторая российская олимпиада школьников по астрономии и космической физике	1995, 6	Калиненко Н.Д. Лунно-планетные часы	1994, 1
Гаврилов М.Г. Третья Российская олимпиада школьников по астрономии и космической физике (заключительный этап)	1997, 2	Карницкий П.Н. Курс астрономии должен быть интересен учащимся	1975, 6
Гаврилов М.Г. Международная астрономическая олимпиада	1997, 3	Карташов В.Ф., Левитан Е.П. Проблемное обучение астрономии	1979, 4
Гаврилов М.Г. IV Российская олимпиада школьников по астрономии и космической физике (заключительный этап)	1997, 6	Клевенский Ю.Н. Совершенствовать структуру и содержание школьного курса	1965, 6
Гаврилов М.Г., Сурдин В.Г. Первая Российская олимпиада школьников по астрономии и космической физике	1994, 6	Клевенский Ю.Н. Необходимые уточнения	1979, 3
Гаген-Торн В.А. СПАК продолжает свою работу	1976, 5	Клевенский Ю.Н. Астрономический центр в Шадринске	1987, 4
Гаген-Торн В.А. Очередной пленум СПАК	1978, 5	Кононович Э.В. Принципы построения курса астрономии в школе будущего	1976, 4
Гаген-Торн В.А. Собрание по астрономическому образованию	1978, 6	Куницкий Р.В. К вопросу о преподавании астрономии	1975, 6
Гаген-Торн В.А. Пленум СПАК в Грузии	1980, 5	Куюмов К.В. XX Московская астрономическая олимпиада	1967, 1
Гаген-Торн В.А. Пленум СПАК в Ульяновске	1982, 1	Лебедева О.М. Задачи по астрономии на уроках математики	1974, 1
Гаген-Торн В.А. Проблемы подготовки астрономов-наблюдателей	1983, 3	Левитан Е.П. Какой должна быть школьная астрономия?	1965, 1

Левитан Е.П. Курс астрономии в школе будущего	1975, 1	математика в системе интегративного подхода	1995, 2
Левитан Е.П. Астрономия в ПТУ	1978, 3	Порфирьев В.В., Шебалин О.Д. Новая специальность в педагогических институтах	1976, 1
Левитан Е.П. Гуманизация школьной астрономии	1983, 5	Радзиевский В.В. Школьная программа по астрономии: вопросы тактики и стратегии	1979, 3
Левитан Е.П. Стратегия методического поиска	1985, 1	Радзиевский В.В. Обсуждение в Горьком проблем астрономического образования	1983, 1
Левитан Е.П. Элементы астрономии и космонавтики – младшим школьникам	1985, 6	Радзиевский В.В. Куда пойти учиться любителю астрономии	1985, 2
Левитан Е.П. Концепция астрономического образования	1986, 5	Радзиевский В.В., Артемьев А.В., Арюткина А.А. Принципы построения программы по астрономии	1976, 6
Левитан Е.П. Реальные перспективы школьной астрономии	1987, 6	Сизов В.А. Из опыта преподавания астрономии в СПТУ	1986, 2
Левитан Е.П. Описательная астрономия и гуманитаризация образования	1990, 1	Скляр Ю.А. Каким быть школьному курсу астрономии	1975, 6
Левитан Е.П. Вселенная школьника	1992, 6	Спаский Н.Н. Создать кружки по изучению геодезии и картографии	1987, 2
Левитан Е.П. Научные представления о Вселенной – основа космического мышления и сознания	1993, 3	Страут Е.К. Необходимость совершенствовать структуру курса астрономии	1976, 4
Левитан Е.П. Факультатив для старшеклассников и студентов	1993, 5	Сурдин В.Г. Московской астрономической олимпиаде – 50 лет	1996, 6
Левитан Е.П. Система факультативов астрономии и космонавтики	1994, 2	Сурдин В.Г. Астрономическое образование: традиции и новые технологии	1997, 1
Левитан Е.П. Астрономию – в систему Международного бакалавриата	1997, 5	Сысоев И.И. Полнее учитывать психологию усвоения знаний	1975, 6
Лейкин Г.А. Чему же должна учить школьная астрономия?	1978, 6	Таскина Т.А. Проект новой программы и системный подход к курсу астрономии	1976, 4
Леонов А.М. Школе нужна новая программа	1975, 6	Трубчанинова Е.Л., Жуков Л.В. Наши соображения	1979, 3
Максимачев Б.А. Астрономическая планисфера Р.И. Цветова	1995, 1	Ухова О.К. Встреча советских и американских преподавателей	1992, 1
Мелохрино Е.И. Учителя обсуждают программу	1979, 3	Фесенко Б.И. Астрономическое образование и прогресс	1985, 4
Николов Н., Стефанова Т. Новый болгарский учебник астрономии	1992, 4	Фесенко А.В. Гуманитарная астрономия и социальная педагогика	1995, 5
Палей А.Б. Астрономия в пединститутах: некоторые цифры и факты	1990, 3	Харадзе Е.К. Не допустить слияния курсов физики и астрономии	1989, 4
Перес А., Кессель Х., Коняева А.Г. Развитие астрономического образования на Кубе	1988, 1	Шумков В.П. Содружество ученых и учащихся	1989, 3
Полануэр М.Д. Вариант "Курса общей астрономии"	1992, 2	Юшка А. Ближайшее будущее астрономии в школе	1975, 4
Попов С.В. Лекции по школьной астрономии	1996, 5		
Попова А.П. В помощь учителям астрономии	1989, 3		
Попова А.П., Попова О.А. Астрономия и			

**Заведующая редакцией Г.В. МАТРОСОВА. Зав. отделом наук о Земле В.А. МАРКИН.
Зав. отделом астрономии В.А. ЮРЕВИЧ. Зав. отделом космонавтики С.А. ГЕРАСЮТИН. Художественный редактор М.С. ВЬЮШИНА.**

**Литературные редакторы Е.А. НИКИТИНА,
Е.Ю. МОРЕЙНО. Мл. редактор Л.В. РЯБЦЕВА**

Корректоры: В.А. Ермолаева, Л.М. Федорова

Номер оформили: Р.В. Ермакова, Е.Е. Барк, Ю.А. Тюришев

Обложку оформила М.С. Вьюшина

Сдано в набор 11.03.98. Подписано в печать 23.04.98 Формат бумаги 70 × 100 ¹/₁₆

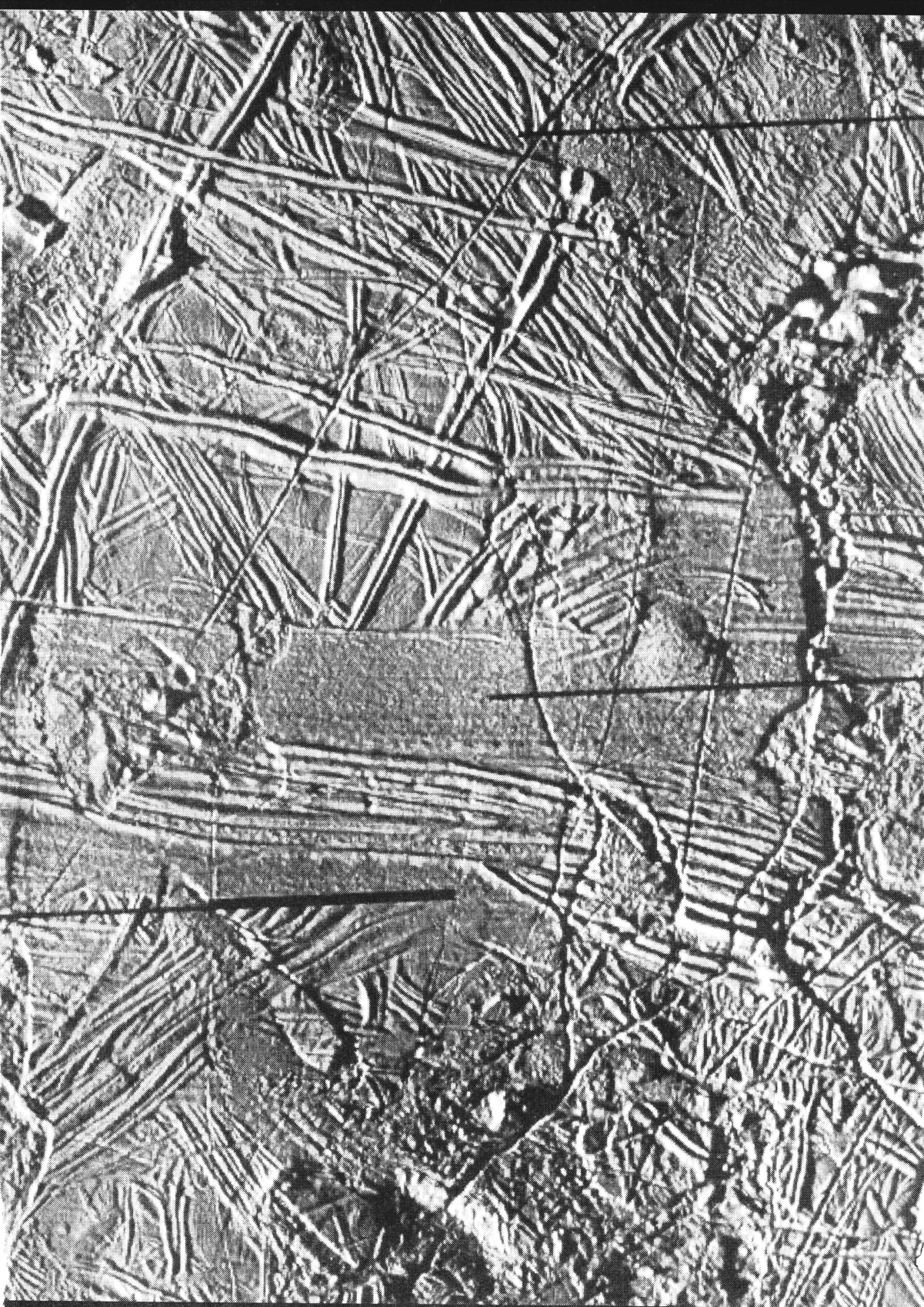
Офсетная печать Уч.-изд.л. 11,2 Усл.-печ.л. 7,8 Усл.кр.-отт. 16,1 Бум.л. 3,0

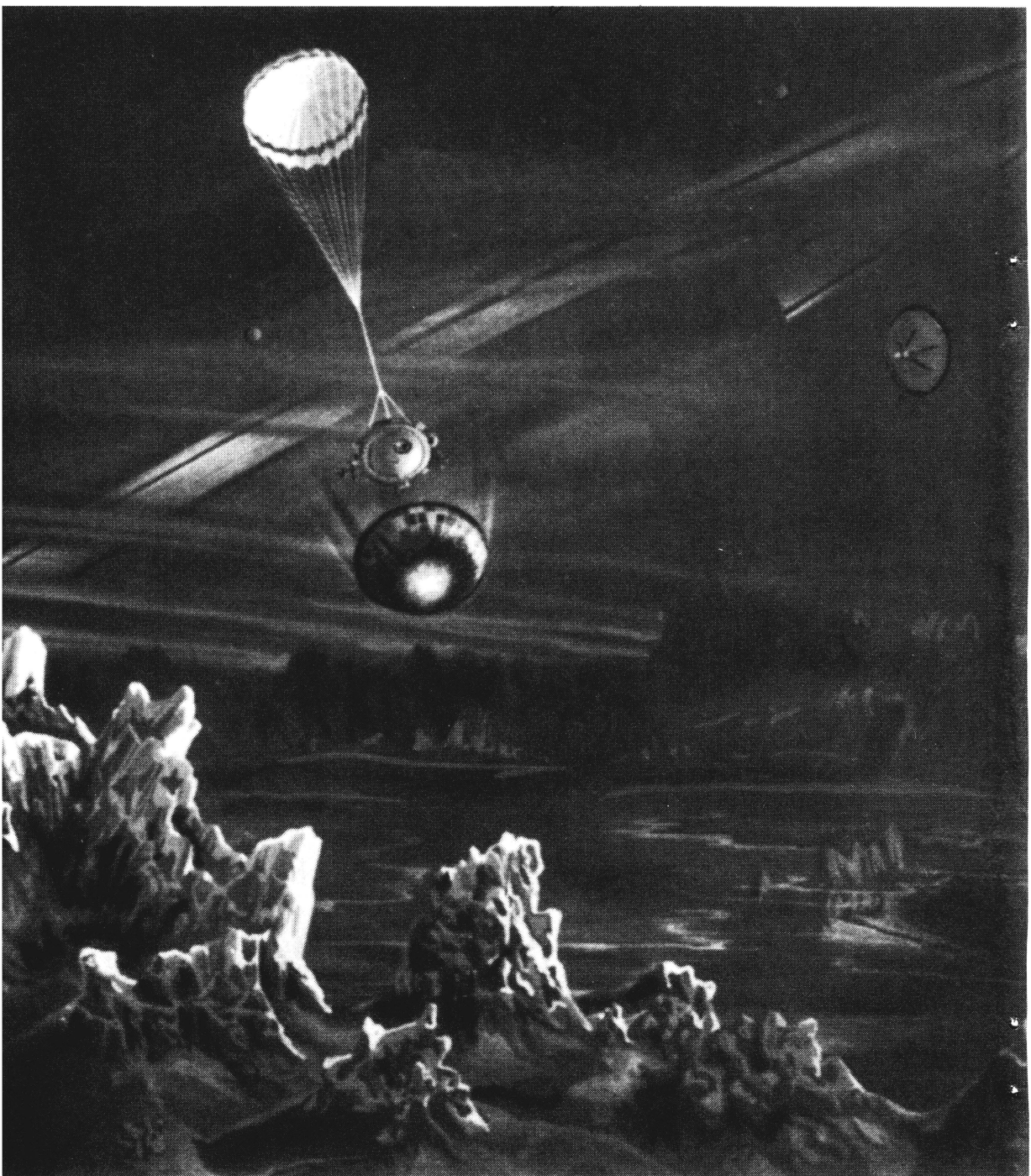
Тираж 1905 экз. Заказ № 3363

Адрес редакции: 117810, ГСП-1, Москва, Мароновский пер., д. 26

Телефоны: 238-42-32, 238-29-66

Отпечатано в типографии "Наука"; 121099 Москва, Шубинский пер., 6





"Наука"
Индекс 70336